UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN ARGININ- UND TRYPTOPHANBEDARF DER REGENBOGENFORELLE (SALMO GAIRDNERI RICHARDSON) MIT HILFE GEREINIGTER DIÄTEN

Barbara Frank

Diss
München
1985

Aus dem Institut für
Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Angefertigt unter der Leitung von
Prof. Dr. J. Gropp

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN ARGININ- UND TRYPTOPHANBEDARF DER REGENBOGENFORELLE (SALMO GAIRDNERI RICHARDSON) MIT HILFE GEREINIGTER DIÄTEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Barbara Frank
aus
Ettlingen

München 1984

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. W. Leidl

Referent: Prof. Dr. J. Gropp

Korreferent: Prof. Dr. Dr. F. Bakels

Tag der Promotion: 27. Juli 1984

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS Seite

1.	Einleitung	1
2.	Literatur	2
2.1.	Entwicklung der Aminosäurebedarfsbestimmung	2
2.1.1.	Vollsynthetische Diäten zur Aminosäurebedarfsbestimmung	2
2.1.1.1.	Reine Aminosäuren in der Bedarfsermittlung von Fischen	4
2.1.2.	Bedarf beim Salmoniden	8
2.1.3.	Plasmaaminosäuren als Kriterien zur Bedarfsermittlung	10
2.2.	Casein als Proteinträger in der Fischernährung	13
2.3.	Bedeutung von Methionin und Cystin in der Fischfütterung	15
3.	Eigene Untersuchungen	17
3.1.	Material und Methoden	18
3.1.1.	Versuchsplan	18
3.1.2.	Tiermaterial	23
3.1.3.	Haltung	24
3.1.3.1.	Fischhaltung Versuch I	24
3.1.3.2.	Fischhaltung Versuch II	26
3.1.4.	Futter und Fütterung	27
3.1.4.1.	Futter und Futterzusammensetzung	27
3.1.4.2.	Futterzuteilung	36
3.1.5.	Versuchsdurchführung	39
3.1.5.1.	Versuch I	39
3.1.5.2.	Versuch II	41
3.1.6.	Versuchsauswertung	43
3.1.6.1.	Wachstum	44
3.1.6.2.	Futterverzehr	45
3.1.6.3.	Futterverwertung	45
3.1.6.4.	Analysenmethoden zur Bestimmung der freien Aminosäuren im Plasma	45

		Seite
3.1.7.	Versuchsverlauf	46
3.1.7.1.	Versuch I	46
3.1.7.2.	Versuch II	47
3.2.	Ergebnisse	48
3.2.1.	Versuch I a	48
3.2.1.	Versuch II a	55
3.2.3.	Versuch I b und Versuch II b	62
4.	Diskussion	66
4.1.	Schätzungen des Argininbedarfes	67
4.2.	Schätzungen des Tryptophanbedarfs	69
4.3.	Ergänzungsbedarf von Casein an Schwefelaminosäuren	70
5.	Zusammenfassung	72
5.1.	Summary	74
6.	Literaturverzeichnis	76
7.	Anhang	86
	Lebenslauf	
	Danksagung	

Alpha/α	Spezifische Wachstumsrate
AS	Aminosäuren
FVW	Futterverwertung (g Zunahme/ kg TS Futter)
LM	Lebendmasse
LMZ	Lebendmassezunahme
RP	Rohprotein
VB	Versuchsbeginn
VE	Versuchsende
Wdh.	Wiederholungen

1. EINLEITUNG

Geltende Werte für den Proteinbedarf von Fischen, insbesondere von Salmoniden, sind immer noch relativ hoch (ca. 40 %), vor allem wenn man sie mit denen von Säugetieren und Geflügel (15-30 %) vergleicht. Eine der Ursachen hierfür könnte sein, daß der Bedarf von Salmoniden an essentiellen Aminosäuren falsch eingeschätzt wurde und ein Proteinüberschuß zur Deckung dieses spezifischen Bedarfs dient.
Generell aber erlaubt erst die Kenntnis des Aminosäurebedarfs einen ökonomischen Einsatz von Protein in der Fütterung. Dies gilt sowohl hinsichtlich der Futterkosten wie auch der Gewässerbelastung (durch Ammoniak als Ausscheidungsprodukt).

Die bisher vorliegenden "Bedarfszahlen" für essentielle Aminosäuren bei Forellen sind mit relativ großen Unsicherheiten behaftet. Literaturangaben weisen auffällige Diskrepanzen auf. Bei der Bestimmung von Aminosäurebedarfswerten kommt der Verwendung sogenannter synthetischer Rationen mit kristallinen Aminosäuren als einziger Proteinquelle ein großer Vorteil zu: Der Gehalt einer Aminosäure läßt sich frei variieren, ohne daß dadurch die Konzentrationen anderer Aminosäuren in Mitleidenschaft gezogen werden.
Am Institut für Physiologie, Physiologischer Chemie und Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät der Universität München wurde 1981 begonnen, Aminosäurebedarfswerte zu erarbeiten (Lysin: STRAUSS, 1982). Im Rahmen des Gesamtprogrammes fiel mir die Aufgabe zu, für die Aminosäuren Arginin und Tryptophan Anhaltspunkte für Bedarfswerte zu erarbeiten.

2. LITERATUR

2. 1. ENTWICKLUNG DER AMINOSÄUREBEDARFSBESTMMUNG

2. 1. 1. Vollsynthetische Diäten zur Aminosäurebedarfsbestimmung

Als der Pionier der kristallinen Aminosäuremischungen anstelle herkömmlicher Proteinträger in Versuchsdiäten ist E. ABERHALDEN zu bezeichnen, der 1912 eine Mischung aus 16 Aminosäuren als alleinige Proteinträger in einer Diät an Hunde verfütterte. Er mußte wie viele seiner Nachfolger die Erfahrung machen, daß eine sehr schlechte Annahme des Futters durch die Tiere die Versuchsergebnisse negativ beeinflußte.
HOPKINS experimentierte 1916 mit Ratten, die eine Diät aus wenigen Aminosäuren erhielten, was ihre Gesundheit nicht auffällig beeinträchtigte. Er wechselte zu anderen Aminosäuren und konnte einen rapiden Gewichtsverlust und Krankheitssymptome bei den Tieren beobachten. OSBORNE und MENDEL machten im selben Jahr ähnliche Erfahrungen. Die Essentialität bzw. bedingte Essentialität von verschiedenen Aminosäuren war in den Blickpunkt des Interesses gerückt. MITCHELL hielt Mäuse, die lediglich synthetische Aminosäuren als Proteinquelle erhielten bis zu 98 Tage am Leben. ABERHALDEN stellte weitere Untersuchungen an, in denen er verschiedene Aminosäuren verfütterte. Nur mit Zusätzen, z. B. Hefe, konnte eine meßbare Wachstumsrate unterhalten werden.
All diese anfänglichen Versuche müssen unter folgender Einschränkung gesehen werden: In jenen Jahren waren die Kenntnisse über Vitaminbedarf sowie über

einige Aminosäuren noch sehr dürftig (so war z. B. Methionin noch nicht isoliert).
1930 begann W. C. ROSE mit Aminosäuremischungen zu arbeiten, deren Zusammensetzung er nach dem Aminosäuremuster von Casein ausrichtete. Mit diesen Diäten gefütterte junge Ratten verloren anfangs rapide an Gewicht, begannen aber nach 12 Tagen ihr Gewicht zu halten. Die Futteraufnahme war auch bei diesem Versuch schlecht. ROSE vermutete das Fehlen eines notwendigen Inhaltsstoffes im Versuchsfutter. Weitere Caseinanalysen folgten. Die alleinig verfütterte Monoaminosäurefraktion erzielte gute Wachstumsergebnisse. Die Futteraufnahme nahm ebenfalls zu. Threonin wurde erstmalig entdeckt und isoliert. Weiterhin untersucht er die Austauschbarkeit von Phenylalanin gegen Tyrosin. Die Essentialität von Phenylalanin wurde festgestellt. Auch Isoleucin und Leucin wurden als unabdingbare Rationsbestandteile erkannt. Weitere Aminosäuren folgten.
In Zusammenfassung durchgeführter Untersuchungen stellte ROSE 1931 eine Liste von 10 als essentiell erkannten Aminosäuren gegenüber 12 nicht essentiellen Eiweißbausteinen auf (s. Tabelle 1).
BORMAN und ROSE stellten 1946 Untersuchungen über die umstrittene Essentialität von Arginin an. An jungen Ratten wurde nachgewiesen, daß Arginin eine für optimales Wachstum notwendige Aminosäure ist, bei ihrem Fehlen wohl eine Eigensynthese erfolgt, diese aber nicht die zu optimaler Zunahme notwendigen Ausmaße erreichen kann.

Tabelle 1 ESSENTIALITÄT DER AMINOSÄUREN
(ROSE, 1931)

Essentielle AS	Nicht essentielle AS
Lysin	Glycin
Tryptophan	Alanin
Histidin	Serin
Phenylalanin	Norleucin
Leucin	Asparaginsäure
Isoleucin	Glutaminsäure
Threonin	Hydroxyglutaminsäure
Methionin	Prolin
Valin	Hydroxyprolin
Arginin[1)]	Citrullin
	Tyrosin
	Cystin

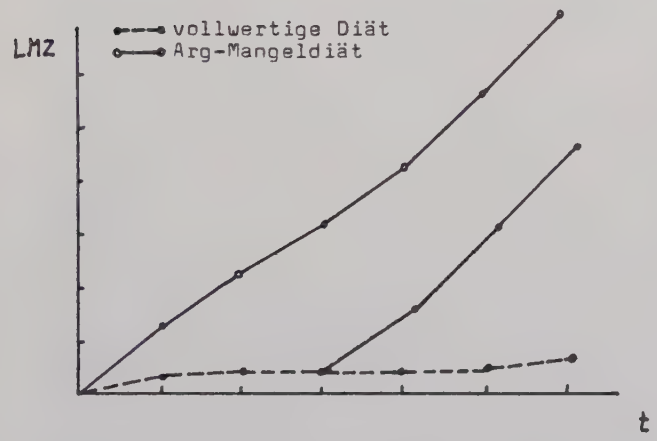
1) semiessentiell

2. 1. 1. 1. Reine Aminosäuren in der Bedarfsermittlung von Fischen

Der Einsatz reiner Aminosäuremischungen zur Bedarfsermittlung beim Fisch wurde erstmals 1957 durch J. E. HALVER verwirklicht. Er arbeitete mit Lachsfingerlingen, denen er Aminosäuremischungen mit je einer fehlenden Aminosäure verabreichte. So fand er die Essentialität von Arginin, Histidin, Leucin, Isoleucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan und Valin heraus, also eben jener 10 von ROSE auch für die Ratte als lebensnotwendig erkannten Aminosäuren.
In diesem Zusammenhang scheint auch interessant die

Reversibilität von Wachstumsdepressionen als Folge einer Mangelfütterung. Verabreichte man statt des Mangelfutters wieder vollwertiges Kontrollfutter, zeigten die Tiere eine Zunahme, die der der Kontrollgruppe entsprach. Abb. 1 zeigt ein von HALVER ermitteltes Wachstumsschema am Beispiel einer Arginin-Mangelration:

Abbildung 1 WACHSTUMSSCHEMA IN ABHÄNGIGKEIT VON DER ARGININVERSORGUNG (HALVER, 1957)



Als nicht für das Wachstum notwendig bezeichnete HALVER Alanin, Hydroxyprolin, Prolin, Serin, Tyrosin, Asparaginsäure, Cystin, Glycin und Glutaminsäure.
1969 schreibt E. T. MERTZ, daß nach bisher durchgeführten Versuchen mit vollsynthetischen Diäten der

Argininbedarf bei Fischen und Vögeln um einiges höher liegt als beim jungen Säuger.(6 % vom Rohprotein gegenüber 1-1.5 % vom Rohprotein). Er erklärt diese Tatsache mit dem Fehlen des Harnstoffzyklus beim Sauropsiden, der dem Säuger als Argininquelle dient. Daneben erwähnt MERTZ, daß Fische den niedrigsten Tryptophanbedarf aller Spezies haben, er gibt ihn mit 0.5 % vom Rohprotein an.
AOE et al untersuchten 1970 die Verwertbarkeit freier Aminosäuren am jungen Karpfen. Dabei konnten sie die guten Ergebnisse, die bisher beim Salmoniden erzielt worden waren, beim Karpfen nicht wiederholen. Caseinhydrolisate konnten Casein nicht ersetzen, reine Aminosäuremischungen hatten sehr schlechte Gewichtszunahmen zur Folge. AOE vermutete eine Besonderheit in der Eiweißverdauung des Karpfens.

1971 wurde der Aminosäurebedarf des Aales von ARAI et al untersucht, die hierzu ebenfalls mit einer vollsynthetischen Diät arbeiteten. Sie stellten fest, daß Aale diesselben Aminosäuren benötigen, die für Salmoniden und Welse schon als essentiell ermittelt worden waren.
GROPP faßt 1978 die von verschiedenen Autoren ermittelten quantitativen Bedarfszahlen für Regenbogenforellen, Karpfen und Aale in Tabelle 2 zusammen. GROPP vermutet in dieser Veröffentlichung, daß der bisher angenommene Bedarfswert für Lysin mit 5.0 % vom Rohprotein als zu hoch anzusehen ist. STRAUSS bewies 1982 die Richtigkeit dieser Annahme, als er den Lysinbedarf mit 4.2 % ermittelte.
Als interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Untersuchung von ALBRECHT und WÜNSCHE über die Zusammensetzung des Proteins niederer Wassertiere und

somit des Nahrungsangebotes für Forelle und Karpfen zu sehen. Hierbei wird deutlich, daß der Gehalt der Nahrung an essentiellen Aminosäuren weitgehend dem der Fische selbst entspricht, lediglich Methionin und Cystin weichen deutlich ab. Diese Erkenntnis soll Tabelle 3 verdeutlichen.

Tabelle 2 BEDARFSZAHLEN ESSENTIELLER AS
(GROPP 1978 NACH MERTZ; HALVER;
KETOLA; NOSE ET AL)

AS (% v. RP)	Forelle	Karpfen	Aal
RP (%)	40	38	45
Threonin	2.25	3.9	3.6
Lysin	5.0	5.7	4.8
Methionin	1.5[1)]	3.1[3)]	3.3[5)]
Leucin	3.9	3.3	4.1
Isoleucin	2.5	2.5	3.6
Valin	3.2	3.6	3.6
Phenylalanin	5.1[2)]	2.6	?
Tryptophan	0.5	0.8	1.0
Arginin	6.0	4.3	3.9
Histidin	1.7	2.1	1.9

[1)] bei 1.8 % Cystein
[2)] bei Phen+Tyr: 6-7%
[3)] bei 0 % Cystein
[4)] bei 2.6 % Tyr
[5)] bei 1.6 % Cystein

Tabelle 3 AMINOSÄUREGEHALT IM NAHRUNGSANGEBOT EINES FORELLENBACHES (ALBRECHT UND WÜNSCHE 1972) UND AMINOSÄUREGEHALT DER GESAMTFORELLE (TIEWS ET AL, 1973)

AS	g/100g RP d. Nahrungsangebotes Forellenbach	g AS/16 g der Gesamtforelle
Arginin	5.8	6.2
Histidin	2.3	3.2
Isoleucin	4.6	4.2
Leucin	6.9	7.0
Lysin	5.7	7.9
Methionin	1.9	3.1
Cystin	1.4	n. b.
Phenylalanin	4.4	4.3
Tyrosin	3.8	3.1
Threonin	4.6	4.2
Tryptophan	1.1	n. b.
Valin	5.3	5.2

2. 1. 2. Bedarf beim Salmoniden

Die bedeutendsten Untersuchungen über den quantitativen Aminosäurebedarf bei Salmoniden sind von J. E. HALVER durchgeführt worden, der in der Hauptsache mit Chinook-Lachsen arbeitete. Erste Versuche (1957) auf diesem Gebiet führte er mit vollsynthetischen Diäten durch, deren Aminosäuremuster nach dem von Forellenlaich und Lachsdottersack ausgerichtet waren. Damit erzielte er ein gutes Wachstum der Versuchsfische. Dieser und die folgenden von HALVER

durchgeführten Versuche ergaben zusammen mit den von CHANCE und MERTZ in Zusammenarbeit mit HALVER 1964 ermittelten Bedarfswerten vorläufige Zahlen für den Chinook Lachs:

Tabelle 4 AMINOSÄUREBEDARF CHINOOK LACHS (HALVER, CHANCE, MERTZ)

AS	%v. RP	AS	% v. RP
Arginin	6.0	Methionin[1)]	0.5-0.6
Histidin	1.7	Phenylal.[2)]	1.7
Isoleucin	2.5	Threonin	2.25
Leucin	3.9	Tryptophan	0.5
Lysin	5.0	Valin	3.2

[1)] bei Vorhandensein von 1 % Cystin
[2)] Angabe in % d. Futter-TS bei 0.4 % Tyrosin

MERTZ stellte 1972 aufgrund seiner Untersuchungen folgende Bedarfszahlen für die Forelle auf:

Tabelle 5 AMINOSÄUREBEDARF DER FORELLE (MERTZ, 1972)

AS	% v. RP	AS	% v. RP
Threonin	2.25	Valin	3.2
Lysin	5.0	Phenylal.	5.1
Methionin	1.5	Tyrosin	0.5
Leucin	3.9	Arginin	6.0
Isoleucin	2.5	Histidin	1.7

OGINO versuchte 1980, den Aminosäurebedarf der Regenbogenforelle zu ermitteln, indem er den täglichen Anstieg der essentiellen Aminosäuren im Fischkörper bestimmte. Die so erhaltenen Werte weichen von den von MERTZ veröffentlichten ab:

Tabelle 6 AMINOSÄUREBEDARF DER REGENBOGENFORELLE (OGINO, 1980)

AS	% v. RP	AS	% v. RP
Threonin	3.4	Valin	3.1
Lysin	5.3	Phenylal.	3.1
Methionin	1.8	Tyrosin	2.1
Leucin	4.4	Arginin	3.5
Isoleucin	2.4	Histidin	1.6

Auffällig ist hier neben dem hohen Wert für Lysin die niedrige Angabe für Arginin, die doch erheblich von den bisher von allen Autoren angegebenen 6.0 Prozent vom Rohprotein abweicht.

2. 1. 3. Plasmaaminosäuren als Kriterium zur Bedarfsermittlung

CHANCE versuchte 1962 erstmalig, einen Zusammenhang zwischen den frei im Plasma vorliegenden Aminosäuren und dem Gewicht sowie den Haltungsbedingungen von Lachsen herauszufinden. Auch der Einfluß einer der Blutentnahme vorausgegangenen Fütterung bzw. ein längeres Hungern der Tiere sollte Auswirkungen auf den Plasmaaminosäurespiegel haben. KAUSHIK startete 1977 umfangreiche Experimente mit Regenbogenforellen zur Abklärung der Auswirkung von

Hungern auf den Blutaminosäurespiegel. Es stellte sich heraus, daß die Tiere in der Lage waren, diesen Spiegel über längere Hungerperioden konstant zu halten. Zusätzlich verglich KAUSHIK die Auswirkung des Salzgehaltes des Wassers, in dem die Tiere gehalten wurden, auf diese Fähigkeit. Er bewies einen positiven Einfluß des Salzwassers auf diese Konstanterhaltung.
Ein weiteres interessantes Ergebnis dieses Versuchs war der auffallend hohe Taurinspiegel, der quantitativ mehr als 200 Prozent der Gesamtaminosäuren im Plasma ausmachte. KAUSHIK interpretiert diese Tatsache mit entweder einem ausgedehnten Abbau von Körperzellen im Hunger mit Taurinfreisetzung oder einem eventuellen Spareffekt des Taurins für essentielle Aminosäuren in der Osmoregulation. Auch an eine Herkunft aus zugrunde gegangenen Erythrozyten wurde gedacht.
1979 untersuchte JÜRSS ebenfalls das Verhalten der Aminosäurespiegel der Regenbogenforelle, er legte aber den Schwerpunkt seiner Arbeit auf die Muskulatur. Seine Fragestellung war ähnlich der oben angesprochenen von KAUSHIK (1977) angelegt, er verglich den Spiegel freier Aminosäuren in der Muskulatur von in Salz- und Süßwasser gehaltenen Forellen. KAUSHIK hatte in seiner Arbeit ebenfalls den Muskelaminosäurespiegel bestimmt und keine Unterschiede zwischen den beiden Haltungsformen festgestellt. JÜRSS jedoch kommt zu anderen Ergebnissen, er mißt im Muskel des im Salzwasser lebenden Fisches eine gegen den Süßwasserfisch erhöhte Konzentration freier Aminosäuren. Er interpretiert diese Tatsache mit einem erhöhten Proteinabbau bzw. einem Versuch der Osmoregulation in der Muskulatur.

PLAKAS et al arbeiteten 1980 über die Schwankungen der Blutaminosäurespiegel von Karpfen, die einmal mit einem Vollproteinfutter und zum anderen mit einer Aminosäuremischung derselben Zusammensetzung gefüttert wurden. Er zeigte, daß die Spiegel der essentiellen Aminosäuren im Blut mit denen im Futter korreliert waren, was bei den nicht essentiellen Aminosäuren nicht der Fall war.
KAUSHIK versuchte 1979 in einer weiteren Untersuchung den Argininbedarf der Regenbogenforelle zu ermitteln. Dazu bediente er sich wieder des Plasmaaminosäurespiegels. Er arbeitete mit Diäten, die zur Hälfte Zein und zur Hälfte Heringsmehl als Proteinquelle enthielten. Diese Basismischung enthielt 1 Prozent Arginin. Durch Zusatz verschiedener Argininmengen erhielt er 5 Rationen mit abgestuftem Argiringehalt. Die Forellen hungerten 3 Tage um dann 3 Tage lang das Versuchsfutter zu erhalten. Die Blutentnahme erfolgte nach einer Nacht Hungern. Die Ergebnisse zeigten, daß der von HALVER bisher empfohlene Argininbedarf von 2.4 % der Diät als zu hoch anzusehen ist. KAUSHIK reduzierte ihn aufgrund seiner Ergebnisse auf 1.8 % der Diät für die im Süßwasser gehaltenen Fische, die im Salzwasser lebenden Tiere benötigten nach seiner Untersuchung lediglich 1-1.8 % der Diät. Weiterhin empfahl KAUSHIK, die Argininbedarfszahlen in Menge der täglichen Aufnahme durch den Fisch anzugeben. 1.8 % der Diät entsprächen so 380 mg/kg Fischlebendgewicht und Tag. KAUSHIK betont als Vorteil der von ihm angewandten Methodik zur Bedarfsermittlung ihre einfache und schnelle Durchführung sowie die genauen Ergebnisse.

An dieser Stelle sollen noch J. LEHMANN und F.-J. STÜRENBERG zitiert werden, die in ihrer Arbeit zur Blutentnahme bei Süßwasserfischen Empfehlungen geben zur Gewinnung von Blut bei relativ kleinen Fischen, bei denen die Punktion des Ductus cuiveri und der Vena cava caudalis nicht durchführbar sind. Sie raten ab von der häufig beschriebenen Methode der Blutgewinnung durch das Abschneiden des Schwanzes wegen der hierbei vorhandenen Gefahr einer großen Verunreinigung des gewonnenen Blutes. Eine Punktion des Ventrikels wird empfohlen.

2. 2. CASEIN ALS PROTEINTRÄGER IN DER FISCHERNÄHRUNG

T. NOSE untersuchte 1971 vergleichend verschiedene Parameter des Nährwertes von Casein, Fischmehl und Sojafeinmehl. Hauptsächlich interessierten ihn Gewichtszunahme und -konstanz bzw. -abnahme, PER sowie die biologische Wertigkeit der drei Eiweißträger. NOSE fand in seinen Fütterungsversuchen für Casein und Fischmehl annähernd gleich gute Gewichtszunahmen bei gleichen Mengen aufgenommenen Stickstoffs, wogegen Sojafeinmehl bei fast allen Konzentrationen in der Diät Gewichtsverluste zur Folge hatte.
1975 supplementierten RUMSEY und KETOLA eine Caseindiät für Junglachse mit Aminosäuren. Als Kontrolle fütterten sie Fischproteinkonzentrat (FPC) als Eiweißträger. Die Wachstumsrate der mit Casein ohne Aminosäurezusatz gefütterten Lachse war mit großem Abstand die geringste, ebenso die PER. Auch wies diese Gruppe die höchste Mortalität auf. Die supp-

lementierte Caseindiät zeigte wesentlich bessere Ergebnisse, die von FPC wurden jedoch nicht erreicht.

J. ANDREWS et al arbeiteten 1976 mit einer Caseindiät, die sie mit freien Aminosäuren und Gelatine anreicherten. Der Versuch wurde mit Welsen durchgeführt. Es sollte untersucht werden, ob und inwieweit durch Zusatz von in Casein limitierend vorliegendem Arginin, aber auch Methionin, Cystin und Tryptophan die Wachstumsrate verbessert werden kann. Es zeigte sich, daß keine eindeutigen Unterschiede zwischen den mit reinem Casein gefütterten und den mit angereicherten Diäten gefütterten Gruppen bestanden. Damit wurde wiederholt ein Hinweis auf die mangelnde Fähigkeit des Welses zur Ausnützung freier Aminosäuren im Futter gegeben. Ein erster Hinweis stammt von ANDREWS et al (1974). Eine eindeutige Aussage über den Substitutionswert der zugesetzten Aminosäuren konnten ANDREWS et al in diesem Versuch nicht treffen.
Ein Jahr später veröffentlichten MESKE und PFEFFER die Ergebnisse eines Fütterungsversuches an jungen Karpfen. Die Diäten bestanden aus einer Sauermolken/Soja-Vormischung, der Grünalgenpulver oder Hefe bzw. Casein zugemischt waren. Zum Vergleich wurde ein handelsübliches Forellenfutter gefüttert. Diese Kontrollration erwies sich als energetisch am effektivsten, wohingegen die PER der Algendiät am besten war, gefolgt von Hefe und an dritter Stelle Casein.

Ebenfalls 1977 erschienen die Ergebnisse eines weiteren Versuches von PFEFFER und MESKE. Sie hatten junge Karpfen mit Casein, verschiedenen Mischungen aus Casein und Krillmehl und Krillmehl alleine gefüttert, Kontrollration war wieder ein handelsübliches Forellenfutter. Casein als alleini-

ger Proteinträger hatte die schlechtesten Zuwachsergebnisse, starke Ausfälle und nach wenigen Wochen einen Wachstumsstop zur Folge. Die besten Wachstumsergebnisse erzielte die Ration, die bei 40 Prozent Rohprotein Casein und Krillmehl zu gleichen Teilen enthielt.
PFEFFER, PETRASCH und ECKHARDT verglichen 1980 an Regenbogenforellen eine Caseindiät mit einer Fischmehldiät in verschiedenen Abstufungen der beiden Proteinträger miteinander. Auch hier wurde in Caseingruppen, in denen mehr als zwei Drittel der Proteinquelle Casein ausmachte, die höchste Mortalität beobachtet. Casein als alleinige Proteinquelle bedingte ein stark reduziertes Wachstum der überlebenden Fische. Auch Futterverwertung und PER wurden bei steigender Caseinkonzentration in der Diät deutlich schlechter.

2. 3. BEDEUTUNG VON METHIONIN UND CYSTIN IN DER FISCHFÜTTERUNG

PHILLIPS, LIVINGSTON und POSTON hatten 1964 gezeigt, daß Bachforellen bei Methioninzusatz zum Futter eine Verbesserung im Wachstum aufwiesen.

Ein ähnliches Ergebnis erhielt Mc CARTNEY, der 1967 die Auswirkungen einer Methionin-supplementierten Diät bei Bachforellensetzlingen untersuchte. Ein Methioninzusatz von 2 Prozent zeigte ein verbessertes Wachstum und eine Steigerung des Proteinansatzes, aber nur bei energiereichen Diäten mit hohem Eiweißgehalt.
STEFFEN und ALBRECHT untersuchten 1976 an Regenbogenforellen die Auswirkung eines 3-prozentigen

Methioninzusatzes zu einer Diät, deren Protein aus Trockenfutterhefe und Soja bestand. Dieser Zusatz hatte eine bessere Zunahme der Fische und eine Verbesserung der PER und PPW zur Folge.
Die Interaktionen von Vitamin A und Methionin im Futter von Regenbogenforellensetzlingen untersuchten ECKHERDT und KEMMERER 1973. Sie erhielten eine Wachstumsdepression und Abnahme der Fischtrockenmasse bei steigendem Vitamin A-Gehalt und steigendem Methionin-Gehalt im Futter. Methionin verbesserte bei hohen Vitamin A-Gehalten das Wachstum. Die in der Kontrollgruppe erhaltenen Werte wurden aber nie erreicht. Die Notwendigkeit des Ausbalancierens des Methionin- und Vitamin A-Gehaltes wird als Ergebnis dieser Arbeit festgehalten.
Ebenfalls 1977 legten HARDING, ALLEN JR. und WILSON einen Versuch zur Ermittlung des Methionin- und Cystin-Bedarfes des Welses an. Als interessantestes Ergebnis dieser Arbeit darf angesehen werden, daß Cystin bis zu 60 Prozent des Methionins S-äquivalent zu ersetzen vermag.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

In den beiden durchgeführten Versuchen müssen zwei Fragestellungen unterschieden werden. Einerseits wurde versucht, mittels gereinigter und vollsynthetischer Diäten den Bedarf der Regenbogenforelle an Arginin und Tryptophan zu ermitteln. Daneben sollte herausgefunden werden, inwieweit Cystein bzw. Methionin eine reine Caseindiät aufzubessern imstande sind. Dazu wurden zwei Versuche durchgeführt. Von zusätzlichem Interesse waren die zu erwartenden Leberveränderungen nach Verfütterung der gereinigten Diäten und deren Abhängigkeit von der Rationszusammensetzung.

Tabelle 7 VERSUCHSSCHEMA, AMINOSÄUREZUSATZ

AMINOSÄUREN ALS PROTEINQUELLE (Aminosäurengehalt)

Versuch I a

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Arg (% v.RP)	0.0	2.0	4.0	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0
Try (% v.RP)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.2	0.4	0.6
RP (%)	26	26	26	26	26	26	26	26

Versuch II a

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Arg (% v.RP)	0.0	1.0	1.5	2.0	3.0	6.0	6.0	6.0	2.0	2.0
Try (% v.RP)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.6	0.8	0.6	0.6
RP (%)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	35

CASEIN ALS PROTEINQUELLE (Aminosäurenzusätze)

Versuch I b

Code Nr.	(9)	(10)
Cys (% v.RP)	0.0	2.0
Met (% v.RP)	2.0	0.0
RP (%)	26	26

Versuch II b

Code Nr.	(11)	(12)	(13)	(14)
Cys (% v.RP)	0.0	4.0	0.0	2.0
Met (% v.RP)	4.0	0.0	0.0	0.0
RP (%)	26	26	26	26

Die Bewertung der Ergebnisse geschah hauptsächlich durch die Parameter Wachstumsrate, Zunahme und Futterverwertung. Ausserdem sind bei beiden Versuchen die Konzentrationen der freien Aminosäuren einmal im Serum und Muskelfleisch und einmal nur im Muskelfleisch untersucht worden.

3. 1. MATERIAL UND METHODEN

3. 1. 1. Versuchsplan

Versuch I:
In acht synthetischen Rationen sollte der Bedarf an Arginin und Tryptophan eingegrenzt werden.
In zwei weiteren Gruppen war eine reine Caseindiät mit Cystein bzw. Methionin substituiert.
Der Rohproteingehalt der synthetischen und der Caseinrationen war auf 26 Prozent eingestellt.
Pro Ration wurde mit zwei Wiederholungen gearbeitet, die Becken waren mit je 30 Fischen besetzt. Das Anfangsgewicht der Tiere betrug im Durchschnitt 4.2 g. Über die Versuchsanlage siehe Tabellen 8 und 9.

Versuch II:
Die sich in Versuch I abzeichnenden Bedarfsoptima wurden als Grundlage für neue Rationszusammensetzungen angenommen. So ergaben sich acht vollsynthetische Rationen. Zusätzlich sollte in zwei weiteren vollsynthetischen Rationen untersucht werden, wie sich die in Versuch I a ermittelten Optima von Arginin und Tryptophan zusammen in einer Ration im Vergleich zu den

Tabelle 8 VERSUCHSANLAGE VERSUCH I a

Code Nr.		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
AS-Basal	(%)	31.93	31.93	31.93	31.93	31.93	31.93	31.93	31.93
Arg-HCl	(%)	-	0.63	1.26	1.57	1.88	1.57	1.57	1.57
Try	(%)	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.05	0.10	0.16
Glu-Sre	(%)	2.29	1.52	0.76	0.38	-	0.53	0.49	0.45
% RP aus									
AS-Basal		24.313	24.313	24.313	24.313	24.313	24.313	24.313	24.313
Arg-HCl		-	0.522	1.044	1.304	1.560	1.304	1.3043	1.304
Try		0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.024	0.049	0.073
Glu-Sre		1.560	1.038	0.516	0.256	-	0.359	0.334	0.310
RP	(%)	26.000	26.000	26.000	26.000	26.000	26.000	26.000	26.000
Wiederholg:		2	2	2	2	2	2	2	2
Fische/Becken		30	30	30	30	30	30	30	30

Futtermenge: 2 % der LM/Tag, bezogen auf die jeweils letzte Wiegung

Wasserversorgung: Frischwasseranlage, Glasaquarien

Tabelle 9 VERSUCHSANLAGE VERSUCH I b
Übersicht über die Rations-
zusammensetzung

Code Nr.		(9)	(10)
Casein	(%)	29.54	29.43
Met	(%)	0.52	-
Cys HCl	(%)	-	0.68
% RP aus:			
Casein		25.653	25.559
Met		0.347	-
Cys HCl		-	0.441
RP gesamt:		26.000	26.000
Wdh.:		2	2
Fische/Becken		30	30

Futtermenge: 2 % der LM/Tag, bezogen auf die jeweils letzte Wiegung.
Wasserversorgung: Frischwasseranlage, Glasaquarien

Tabelle 10 VERSUCHSANLAGE VERSUCH II a

Code Nr.		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
AS-Basal	(%)	27.76	27.76	27.76	27.76	27.76	27.76	27.76	27.76	27.76	38.44
Arg-HCl	(%)	-	0.32	0.47	0.63	0.95	1.89	1.89	1.89	0.63	0.85
Try	(%)	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.13	0.16	0.21	0.16	0.21
Glu-Sre	(%)	5.87	5.48	5.30	5.09	4.72	3.67	3.65	3.62	5.18	5.74
% RP aus											
AS-Basal		21.867	21.867	21.867	21.867	21.867	21.867	21.867	21.867	21.867	30.278
Arg-HCl		-	0.261	0.391	0.522	0.783	1.566	1.566	1.566	0.522	0.703
Try		0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.064	0.073	0.098	0.073	0.098
Glu-Sre		4.006	3.745	3.615	3.484	3.223	2.503	2.494	2.469	3.538	3.921
RP	(%)	26.000	26.000	26.000	26.000	26.000	26.000	26.000	26.000	26.000	35.000
Wiederholg:		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Fische/Becken		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Futtermenge: 2 % der LM/Tag, bezogen auf die jeweils letzte Wiegung

Wasserversorgung: Frischwasseranlage, Glasaquarien

Tabelle 11 VERSUCHSANLAGE VERSUCH II b
Übersicht über die Rations-
zusammensetzung

Code Nr.		(11)	(12)	(13)	(14)
Casein	(%)	29.14	28.74	29.94	29.43
Met	(%)	1.04	-	-	-
Cys HCl	(%)	-	1.36	-	0.68
% RP aus:					
Casein		25.305	25.118	25.899	25.559
Met		0.693	-	-	-
Cys HCl		-	0.882	-	0.441
RP gesamt:		26.000	26.000	26.000	26.000
Wdh.:		2	2	2	2
Fische/Becken:		20	20	20	20

Futtermenge: 2 % der LM/Tag, bezogen auf die jeweils letzte Wiegung.

Wasserversorgung: Frischwasseranlage, Rundbeckenanlage

übrigen acht Rationen verhalten, zum einen bei 26 Prozent Rohprotein, zum anderen bei 35 Prozent Rohprotein.
In 4 Caseingruppen wurde versucht, den bisherigen (Versuch I) Vorteil von Cystein gegenüber Methionin weiter zu quantifizieren. In 2 Rationen wurden zunächst 4 Prozent der jeweiligen Sulfoaminosäure vom Caseinprotein zugesetzt, als Vergleichsgruppen wurden Rationen ohne Aminosäurezusatz und mit 2 Prozent Cystein-Zusatz mitgeführt.
Zur weiteren Verdeutlichung der Rationszusammensetzung siehe Tabellen 8, 9, 10 und 11. Es wurde mit 2 Wiederholungen pro Ration gearbeitet, der Beckenbesatz bestand diesmal aus 20 Fischen mit einem Anfangsgewicht von durchschnittlich 7.9 g.

3. 1. 2. Tiermaterial

Versuch I:
Die benötigten 600 Regenbogenforellensetzlinge wurden von einem Teichwirt bei Weilheim (Betrieb Hartl am Weidenbach) bezogen. Der Schlupf war im Januar erfolgt, so daß das Alter der Tiere zu Versuchsbeginn auf etwa 4 Monate zu schätzen war. Die Fische waren bis zu Beginn der Vorperiode ausschließlich mit handelsüblichem Forellenbrutfutter gefüttert worden. In der zweiwöchigen Vorperiode erhielten die Tiere Forellenanschlußfutter (granuliert) der Firma Plange, Kraftfutterwerk KG Wangen, es wurde zweimal täglich gefüttert.

Versuch II:
Für Versuch II wurden 560 Setzlinge vom Fischgesundheitsdienst in Grub aus dessen SPF-Beständen eingesetzt. Zu Beginn der Vorperiode wogen die Tiere im Durchschnitt 7 g. Sie waren bis zu diesem Zeitpunkt ebenfalls nur mit Forellenbrutfutter gefüttert worden. In der zweiwöchigen Vorperiode erhielten auch sie Forellenanschlußfutter der Firma Plange bei zweimaliger Fütterung am Tag.

3. 1. 3. Haltung

Versuchsanlagen
Es wurden zwei ähnliche Fischhaltungsanlagen zur Durchführung der beiden Versuche benutzt.

3. 1. 3. 1. Fischhaltung Versuch I:
Die Fischbecken wurden alle mit Frischwasser versorgt.
Die beiden Wiederholungen der Rationen (1)-(10) waren in Glasaquarien in 4 Reihen zu je 5 Stück untergebracht. Die Außenmaße der Aquarien betrugen 50 x 25 x 40 cm (Volumen: 43 l). Die Belüftung der Becken erfolgte über ein mit 4 elektrischen Luftpumpen betriebenes System mit je einem Sprudelsteinchen pro Aquarium, hauptsächlich zur Sicherung der Sauerstoffversorgung bei eventueller Unterbrechung der Frischwasserversorgung. Der Wasserzufluß konnte mit Schlauchklemmen reguliert werden, der Abfluß erfolgte über einen Mönch, dessen Saugwirkung die am Boden sich sammelnden Schmutzpartikel großenteils

abzog. Das Zuflußwasser (Münchner Leitungswasser) wurde direkt in die Becken geleitet. Die in den Aquarien gemessenen Temperaturen bewegten sich zwischen 10.0 und 10.4 ^{o} C.
Im Bedarfsfalle (Chlorzusatz durch Wasserwerk) wurde das Wasser durch Aktivkohlefilter entchlort.

Die Reinigung der Becken erfolgte in dreitägigem Abstand, indem die sich am Boden ansammelnden Fäkalien mit einem dünnen Plastikschlauch abgesaugt wurden.
Die Becken waren mit je 30 Fischen bei 4.2 g Einzelfischgewicht zu Versuchsbeginn besetzt, was eine Besatzdichte von 3.15 g/l ergab.
Die Wassertemperatur, der pH-Wert, Wasserdurchfluß und der O_2-Gehalt des Wassers wurden dreimal gemessen und in Tabelle 12 zusammengefaßt.
Tabelle 13 zeigt die durchschnittlichen Analysenwerte des Münchner Leitungswassers (Angaben Wasserwerk München).

Tabelle 12 WASSERWERTE VERSUCH I

	$\bar{x}$	x_{min}	x_{max}
Temp. (^{o}C)	10.2	10.0	10.4
O_2 (ppm)	10.4	10.0	10.8
Zufluß (l/min)	1.2		
pH	7.5		

Tabelle 13 DURCHSCHNITTLICHE ANALYSENDATEN DES MÜNCHNER LEITUNGSWASSERS (WASSERWERK MÜNCHEN)

	$\bar{x}$	x_{min}	x_{max}
pH	7.44	7.25	7.60
Ca (mg/l)	79.4		
Mg (mg/l)	22.2		
Gesamthärte	16.2°d		20.0°d
Karbonathärte	15.0°d	14.1°d	15.8°d

$1^{\circ}d$ = 10 mg CaO/l

3. 1. 3. 2. Fischhaltung Versuch II:
Die Gruppen (1)-(10) wurden unter gleichen Bedingungen wie in Versuch I gehalten. Die Caseingruppen (11)-(14) jedoch wurden in Rundbecken untergebracht. Frischwasser wurde aus einem Sammelbecken zugeführt. Die Rundbecken hatten eine Abmessung von 35 cm im Durchmesser und 55 cm in der Höhe sowie ein Füllungsvermögen von 50 l. Zur Isolation und zur Verringerung einer Irritation der Tiere durch ihre Umgebung waren die Becken mit einem Styropormantel umkleidet, der lediglich an der Vorderseite ein Fenster zur Beobachtung der Futteraufnahme freiließ. Eine an die Rundbecken angeschlossene Sauerstoffflasche gewährleistete über ein Magnetventil die 8-stündige Sauerstoffversorgung der Becken im Falle eines Ausfalles der Wasserpumpe.
Die Besatzdichte der Glasaquarien betrug in diesem Versuch mit 20 Fischen (7.9 g Anfangsge-

wicht) zu Versuchsbeginn 3.7 g/l, die der Rundbecken bei gleichem Besatz 3.16 g/l.
Die gemessenen Wasserwerte sind in Tabelle 14 zusammengefaßt.

Tabelle 14 WASSERWERTE VERSUCH II

		$\bar{x}$	x_{min}	x_{max}
Temp. (^{o}C)	Glasa.	11.0	10.8	11.2
	Rundb.	11.0	10.8	11.2
O_2 (ppm)	Glasa.	10.2	10.0	10.4
	Rundb.	8.8	8.6	9.0
Zufluß (l/min)	Glasa.	1.2		
	Rundb.	0.5		
pH	Glasa.	7.5		
	Rundb.	7.5		

3. 1. 4. Futter und Fütterung

3. 1. 4. 1. Futterzusammensetzung

Versuch I:
Den Rationen (1)-(8) lag eine basale Aminosäurevormischung zugrunde, die kein Arginin und kein Tryptophan enthielt. Den einzelnen Rationen wurden Arginin und Tryptophan in verschiedenen Konzentrationen zugemischt, wobei geringere Aminosäurezugaben gegenüber höheren N-äquivalent durch Glutaminsäure aufgefüllt wurden. Alle 8 Rationen waren auf 26 Prozent Rohproteingehalt eingestellt. Des weiteren enthielten die Diäten als Fettquelle 15 Prozent Rotbarschöl, dazu 2 Prozent Zellulose, 5.15 Prozent Mineralstoffe und Spurenele-

mente und 0.6 Prozent Vitaminvormischung. Um einem Schimmelpilzbefall des Futters vorzubeugen wurde 0.3 Prozent Luprosil (Ca-Propionat der BASF, Ludwigshafen) zugemischt. Die Rationen wurden mit aufgeschlossener Maisquellstärke auf 100 aufgefüllt. (Siehe auch Tabellen 15-18) Über die Zusammensetzung der Spurenelement- und Vitaminvormischungen informiert Tabelle 20 bzw. Tabelle 21. Die Caseinrationen enthielten dieselben Bestandteile, verwendet wurde Säurecasein (Firma Meggle, Reitmehring).
Nach der schlechten Erfahrung von STRAUSS mit der Futteraufbereitung durch Gelatinezusatz wurde von diesem Verfahren Abstand genommen und auf eine andere Weise versucht, das Futtermehl in eine für die Fische leicht aufzunehmende Form zu bringen. Bei der geringen Menge angemischten Futters wäre der Ausschuß beim maschinellen Pelletieren zu groß geworden, deshalb wurden von den synthetischen Rationen (1)-(8) Pellets von 2 mm Durchmesser mit Hilfe eines Fleischwolfes hergestellt. Das Futtermehl wurde mit 10 Gewichtsprozent Wasser angemischt und durch den Fleischwolf (Scheibe 2 mm) gedreht. Die so entstandenen dünnen Stränge wurden auf Tabletts ausgebreitet und 24 Stunden gefriergetrocknet. Nach diesem Vorgang waren sie leicht mit der Hand in 2 bis 3 mm lange Stückchen zu zerbrechen, was der Größe der Fische angepaßt erschien.
Die Caseinrationen (9) und (10) wurden maschinell pelletiert (1.5 mm Durchmesser).
Bis zur Futtereinwaage wurde das Futter in der Tiefkühltruhe gelagert.

Tabelle 15 RATIONSZUSAMMENSETZUNG VERSUCH I a

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
AS Basale[1]	31.93	31.93	31.93	31.93	31.93	31.93	31.93	31.93
Arg HCl	-	0.63	1.26	1.57	1.88	1.57	1.57	1.57
Try	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.05	0.10	0.16
Rotbarschöl	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Zellulose	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Flocculante	42.46	42.60	42.73	42.80	42.87	42.87	42.86	42.84
Spurenel.-vormischg.[2]	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Vitaminvorm.[3]	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
KCl	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
$CaHPO_4 \times 2H_2O$	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
$NaH_2PO_4 \times H_2O$	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
KH_2PO_4	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
$Ca\ CO_3$	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
MgO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Luprosil	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
gesamt	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
RP gesamt	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
Arg % v. RP	0.0	2.0	4.0	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0
Try % v. RP	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.2	0.4	0.6

1) Zusammensetzung der AS-Basale s. Tabelle 19
2) Zusammensetzung der Spurenelementvormischung s. Tabelle 20
3) Zusammensetzung der Vitaminvormischung s. Tabelle 21

Tabelle 16 RATIONSZUSAMMENSETZUNG VERSUCH I b

Angaben in Gewichtsprozent

Code Nr.	9	10
Casein	29.54	29.43
Methionin	0.52	-
Cystein	-	0.68
Rotbarschöl	15.0	15.0
Zellulose	2.0	2.0
Flocculante	47.41	47.52
Spurenelement-vormischg. [2)]	0.15	0.15
Vitaminvorm. [3)]	0.6	0.6
KCl	0.25	0.25
$CaHPO_4 \times 2H_2O$	1.65	1.65
$NaH_2PO_4 \times H_2O$	1.1	1.1
KH_2PO_4	1.1	1.1
$CaCO_3$	0.8	0.8
MgO	0.1	0.1
Luprosil	0.3	0.3
gesamt	100.0	100.0
RP gesamt	26.0	26.0
Cys % v. RP	0.0	2.0
Met % v. RP	2.0	0.0

2) Zusammensetzung der Spurenelementvorm. s. Tabelle 20

3) Zusammensetzung der Vitaminvorm. s. Tabelle 21

Tabelle 17 RATIONSZUSAMMENSETZUNG VERSUCH II a

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
AS Basale[1]	27.76	27.76	27.76	27.76	27.76	27.76	27.76	27.76	27.76	38.44
Arg HCl	-	0.32	0.47	0.63	0.95	1.89	1.89	1.89	0.63	0.85
Try	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.13	0.16	0.21	0.16	0.21
Glu Sre	5.87	5.48	5.30	5.09	4.72	3.67	3.65	3.62	5.18	5.74
Rotbarschöl	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Zellulose	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Flocculante	43.05	43.12	43.15	43.20	43.25	43.50	43.49	43.47	43.22	31.71
Spurenel.-vormischg.[2]	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Vitaminvorm.[3]	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
KCl	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
$CaHPO_2 \times 2H_2O$	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
$NaH_2PO_4 \times H_2O$	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
KH_2PO_4	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
$CaCO_3$	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
MgO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Luprosil	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
gesamt	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
RP	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	35.0
Arg % v. RP	0.0	1.0	1.5	2.0	3.0	6.0	6.0	6.0	2.0	2.0
Try % v. RP	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.6	0.8	0.6	0.6

1) Zusammensetzung der AS-Basale s. Tabelle 19
2) Zusammensetzung der Spurenelementvormischung s. Tabelle 20
3) Zusammensetzung der Vitaminvormischung s. Tabelle 21

Tabelle 18 RATIONSZUSAMMENSETZUNG VERSUCH II b

Angaben in Gewichtsprozent

Code Nr.	11	12	13	14
Casein	29.14	28.74	29.94	29.43
Methionin	1.04	-	-	-
Cystein	-	1.36	-	0.68
Rotbarschöl	15.0	15.0	15.0	15.0
Zellulose	2.0	2.0	2.0	2.0
Flocculante	46.77	46.85	47.01	46.84
Spurenelement-vormischg. [2)]	0.15	0.15	0.15	0.15
Vitaminvorm. [3)]	0.6	0.6	0.6	0.6
KCl	0.25	0.25	0.25	0.25
$CaHPO_4 \times 2H_2O$	1.65	1.65	1.65	1.65
$NaH_2PO_4 \times H_2O$	1.1	1.1	1.1	1.1
KH_2PO_4	1.1	1.1	1.1	1.1
$CaCO_3$	0.8	0.8	0.8	0.8
MgO	0.1	0.1	0.1	0.1
Luprosil	0.3	0.3	0.3	0.3
gesamt	100.0	100.0	100.0	100.0
RP gesamt	26.0	26.0	26.0	26.0
Cys % v. RP	0.0	4.0	0.0	2.0
Met % v. RP	4.0	0.0	0.0	0.0

2) Zusammensetzung der Spurenelementvorm. s. Tabelle 20

3) Zusammensetzung der Vitaminvorm. s. Tabelle 21

Tabelle 19 ZUSAMMENSETZUNG AMINOSÄUREBASALMISCHUNG

AS	g	% v. RP	RP d. Anhydrids
L Histidin HCl H_2O	0.78	2.22	63.8
L Lysin HCl	1.37	4.20	136.5
L Tyrosin	1.00	3.85	53.6
L Phenylalanin	1.46	5.60	59.4
DL Methionin	0.75	2.90	66.68
L Cystin	0.29	1.10	78.72
L Threonin	1.06	4.08	86.53
L Leucin	2.44	9.40	77.32
L Isoleucin	1.18	4.54	77.32
L Valin	1.56	6.00	88.25
Glycin	2.25	8.65	153.32
L Glutaminsäure	15.35	10.48	68.28
L Prolin	1.44	5.54	90.08
$NaHCO_3$	1.00		

Tabelle 20 ZUSAMMENSETZUNG SPURENELEMENTVORMISCHUNG

in 1.5 g sind enthalten: (= pro kg Futter-TS)	
Fe (aus Eisenfumarat)	150 mg
Zn (aus Zinkacetat)	120 mg
Mn (aus Mangansulfat x H_2O)	120 mg
Cu (aus Kupferacetat x H_2O)	18 mg
J (aus Kaliumjodid)	3.75 mg
Co (aus Cobaltsulfat x 7 H_2O)	1.5 mg
Se (aus Natriumselenit x 5 H_2O)	0.75 mg
F (aus Natriumfluorid)	7.5 mg
Mg (aus Magnesiumoxid)	105 mg

Tabelle 21 ZUSAMMENSETZUNG VITAMIN-VORMISCHUNG

alle Angaben pro kg Futter-TS

Retinol	9.0 mg
Cholecalciferol	66 mcg
∝-DL-Tocopherolacetat	72 mg
Menadion	2.4 mg
Thiamin	10.8 mg
Riboflavin	14.4 mg
Pyridoxin	6.0 mg
Cobalamin	60 mcg
Biotin	180 mcg
Folsäure	360 mcg
Ca-Pantothenat	36 mg
Nicotinsäure	108 mg
Cholin	900 mg
Ascorbinsäure	180 mg

Wie später im morphologischen Teil der Ergebnisdarstellung nochmals erwähnt, ergab sich die Notwendigkeit, das gesamte Versuchs- und Vorperiodenfutter mikrobiologisch wegen eines Verdachts auf Mykotoxine zu untersuchen. Die Untersuchungen auf Aflatoxin, Ochratoxin, Sterigmatocystin, Patulin und Alternariatoxine wurden an der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Institut für Biologie, Karlsruhe durchgeführt. In der Staatlichen Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenberg Karlsruhe wurde auf Fusarientoxine geprüft. Alle Werte lagen unterhalb der Tabelle 22 zu entnehmenden Nachweisgrenze.[1)]

Tabelle 22 NACHWEISGRENZE MYKOTOXINE

Toxin	NG (ng/g)	Toxin	NG (ng/g)
Aflatoxin B_1	1	T-2-Toxin	100
" B_2, G_1, G_2	5	Diacetoxy-scirpenol	100
Ochratoxin A	30	Deoxynivalenol	25
Sterigmatocystin	40	Alternariol-monomethyläther	100
Patulin	40	Alternariol	100
Zearalenon	10		
Zearalenol	10		

1) Für die Durchführung der Untersuchungen bedanke ich mich bei Prof. Dr. H. K. Frank, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, und bei Dr. J. M. Möller, Staatliche Forschungsanstalt Augustenberg.

Versuch II:
Für die Rationen (1)-(10) wurden einer basalen Aminosäuremischung die jeweiligen Arginin- und Tryptophaneinwaagen zugefügt. Der Rohproteingehalt lag wieder bei 26 Prozent, nur Ration (10) wurde, bei gleichem Arginin- und Tryptophangehalt wie Ration (9), auf 35 Prozent Rohprotein eingestellt (Zusammensetzung der Rationen s. Tabelle 17).
In den Caseinrationen (11)-(14) (Zusammensetzung s. Tabelle 18) war wie in Versuch I Casein als einzige Proteinquelle eingesetzt. Zu Ration (11) und (12) waren je 4 Prozent vom Rohprotein Methionin bzw. Cystein zugesetzt, Ration (13) war ohne Zusatz als Kontrolle gedacht. Ration (14) wiederholte den 2-prozentigen Cystein-Zusatz aus Versuch I.
Beim maschinellen Pelletieren für den ersten Versuch hatte sich gezeigt, daß der Ausschuß wesentlich geringer war als angenommen, deshalb wurden diesmal alle 14 Rationen maschinell pelletiert (Durchmesser 1.5 mm). Die Pellets wurden nach der Lufttrocknung wieder 24 Stunden gefriergetrocknet. Die Lagerung erfolgte in der Gefriertruhe.

3. 1. 4. 2. Futterzuteilung
Die tägliche Futtereinwaage war an der jeweilig letzten Wiegung der Becken orientiert. Jedes Becken erhielt von Versuchsbeginn an 2 Prozent des Lebendgewichtes der Fische als tägliche Futtermenge (Ausnahme: die Caseinrationen in Versuch I: 3 Prozent der Lebendmasse). Gegen Ende der

Versuche stellten sich in den Mangelgruppen Verzehrsdepressionen ein, denen mit einer Futterreduktion für beide Wiederholungen der betroffenen Gruppen Rechnung getragen wurde. Todesfälle während des Versuchsverlaufes wurden derart berücksichtigt, daß für die gestorbenen Tiere ein Bekkendurchschnittsgewicht angenommen, vom Beckengesamtgewicht subtrahiert und das neue Beckengesamtgewicht als Grundlage für die jeweilige Futterzuteilung genommen wurde. Fütterungszeiten waren 8 bis 9 Uhr morgens und 17 bis 18 Uhr nachmittags.

Versuch I:
Nach der Gruppeneinteilung der Fische wurde dem Versuch eine zweiwöchige Vorperiode zur Eingewöhnung der Tiere vorgeschaltet, während der die Fische handelsübliches fischmehlhaltiges Forellenaufzuchtfutter (Firma Plange Wangen, " Forelli" Anschlußfutter) erhielten. Die Futtermenge war wie später im Versuch mit 2 Prozent des Beckenlebendgewichtes bemessen.
Die Vorperiode dauerte 13 Tage, am 14ten Tag, dem Wiegetag, wurde nicht gefüttert.
Das tiefgefrorene Versuchsfutter wurde während des Versuchs in kleinen Portionen im Kühlschrank aufgetaut und dort bei + 4^{o} C gelagert.
Nach Versuchsende wurden die Fische die 3, 4 bzw. 5 Tage bis zur Schlachtung weiter mit der jeweiligen Futtermenge, bezogen auf die Endwiegung, gefüttert. An den Schlachttagen fand nur die Morgenfütterung statt.
Die täglich zugemessene Futtermenge findet sich in Tabelle 23.

Tabelle 23 FÜTTERUNGSNIVEAU VERSUCH I

Woche	Code Nr.	Futtermenge in % d. LM/Tag
1.-5.	1-10	2.0
5.	2-10	2.0
	1	1.8
6.	2-5,7-10	2.0
	1	1.5
	6	1.5
7.	2-5,7-10	2.0
	1	1.5
	6	1.4
8.	2-5,7-10	2.0
	1	1.2
	6	1.4

Tabelle 24 FÜTTERUNGSNIVEAU VERSUCH II

Woche		Code Nr.	Futtermenge in % der LM/Tag
1.-5.	(ohne Wiegetag)	1-14	2.0
5.	(ohne Wiegetag)	1-12, 14	2.0
		13	1.8
6.	(ohne Wiegetag)	3-12, 14	2.0
		1	1.5
		2	1.8
		13	1.7
7.	(ohne Wiegetag)	4-12, 14	2.0
		1	1.4
		2	1.5
		3	1.8
		13	1.4
8.	(ohne Wiegetag)	4-12, 14	2.0
		1	1.2
		2	1.5
		3	1.7
		13	1.4

Versuch II:
Auch diesem Versuch ging eine 13-tägige Vorperiode voraus, während derer die Fische zweimal täglich mit Forelli-Aufzuchtfutter gefüttert wurden. Das Fütterungsregime glich dem für Versuch I beschriebenen Verfahren. Auch an den Tagen bis zur Blutentnahme und Schlachtung erfolgte die Futterzuteilung wie in Versuch I. Über das Fütterungsniveau während der 8 Versuchswochen gibt Tabelle 24 Aufschluß.

3. 1. 5. Versuchsdurchführung

3. 1. 5. 1. Versuch I:
Einen Tag vor Beginn der Vorperiode wurden in alle 20 Becken je 30 Forellen eingesetzt. Eine Gewichtsgleichheit der Beckengesamtgewichte wurde angestrebt. Die Fische wurden mittels einer Sortiermaschine in vier Gewichtsgruppen unterteilt, von denen je eine gleiche Anzahl pro Becken eingesetzt wurden. Danach noch bestehende Differenzen wurden durch Austausch jeweils schwerer und leichter Einzelfische behoben. Das sich so ergebende Durchschnittsgewicht der Tiere betrug 3.3 g.
Nach der zweiwöchigen Vorperiode war ein Durchschnittsgewicht von 4.2 g erreicht.
Die Verteilung der Rationsgruppen im Raum erfolgte nach dem Zufallsprinzip. Da sich insgesamt vier Glasbecken direkt am Durchgang der Fischhalle befanden und eine Irritation der dort eingesetzten Fische durch Personal nicht auszuschließen war, wurde ein Rotationsprinzip angewendet. Jede Woche am Wiegetag und je eine Woche später

wurden alle Gruppen um ein Becken weiterversetzt, so daß (bei Einbeziehung der Vorperiode) alle Rationsgruppen zweimal an der Gangseite situiert waren, einmal im oberen Becken und einmal im unteren Becken. Die Wiegungen erfolgten jeden 14ten Tag, die Endwiegung nach 8 Wochen, an den Wiegetagen wurden die Tiere nicht gefüttert.
Nach Versuchsende wurde noch 3 Tage weitergefüttert. Am 4ten, 5ten und 6ten Tag nach Versuchsende erfolgte die Tötung von jeweils 21 Tieren je Ration.
Genauere Information über die Fischentnahme zur Schlachtung gibt Tabelle 27.
Die Einwaage der zu schlachtenden Fische erfolgte an den drei Tagen jeweils um 7 Uhr morgens nach direkt vorausgegangener Fütterung. Es wurden je 3 bzw. 4 Tiere ausgewählt, die in etwa das Bekkendurchschnittsgewicht aufwiesen.
Die Sektion der Tiere erfolgte im Institut für Zoologie und Hydrobiologie der tierärztlichen Fakultät der Universität München. Die Tiere wurden betäubt und die Leibeshöhle eröffnet. Der Versuch einer Blutentnahme mit einem heparinisierten Kapillarröhrchen aus dem Herzen scheiterte an der geringen Größe bzw. dem geringen Blutvolumen der Einzeltiere. So wurden für die Bestimmung der freien Aminosäuren nur Muskelproben (Rückenmuskulatur) entnommen.
Des weiteren wurden für die histo-pathologischen Untersuchungen Leber, Nieren, Herz, Kiemen sowie Milz entnommen und fixiert. Die Lebern wurden sofort nach Eröffnung der Leibeshöhle makroskopisch beurteilt und Farbe, Oberflächenbeschaffenheit und Gewicht notiert.

3. 1. 5. 2. Versuch II:
Der Beckenbesatz und die Vorperiode entsprachen der Durchführung vom Versuch I, nur wurden pro Becken 20 Tiere mit einem Durchschnittsanfangsgewicht von 6.2 g eingesetzt. Bei Versuchsbeginn wog ein Tier durchschnittlich 7.9 g.
Die 4 Caseingruppen (zwei Wiederholungen) waren in Rundbecken untergebracht, die Verteilung im Raum erfolgte nach dem Zufallsprinzip.
In den Glasaquarien wurde wieder mit wöchentlichen Rotationen gearbeitet, nicht so in den Rundbecken, da diese relativ irritationsfrei angeordnet und ausserdem durch ihren Styropormantel gut sichtisoliert waren.
Die Versuchsdauer betrug wiederum 8 Wochen, alle 14 Tage wurde gewogen und an diesen Tagen nicht gefüttert. Nach Versuchsende wurde 3 Tage weitergefüttert, am 4ten und 5ten Tag nach Versuchsende Blut genommen und geschlachtet. Die Fischentnahme ist in Tabelle 28 aufgeführt.
Von Ration (1) konnte kein Blut entnommen werden, da die Fische hier wieder zu klein waren. Von den übrigen 5 zu untersuchenden Gruppen konnte eine Serumsammelprobe von allen an einem Tag geschlachteten Tieren angefertigt werden. Die Blutentnahme erfolgte mit einer heparinisierten 1-ml-Spritze mit Kanüle. Direkt nach Eröffnen der Leibeshöhle der (betäubten) Tiere wurde das noch schlagende Herz punktiert und das Blut mit der Spritze aufgezogen und in ein heparinisierte Sammelgefäß überführt. Auch diesmal wurden die Lebern makroskopisch beurteilt und die oben aufgeführten Organe zur histopathologischen Untersuchung entnommen und fixiert.

Tabelle 27 TÖTUNG VERSUCH I

Schlachttage	Code Nr.	Anzahl Fische 1. Wdh.	2. Wdh.
1.Tag	1	3	4
	5	3	4
	6	3	4
	8	3	4
	9	3	4
	10	3	4
2. Tag	1	4	3
	5	4	3
	6	4	3
	8	4	3
	9	4	3
	10	4	3
3. Tag	1	3	4
	5	3	4
	6	3	4
	8	3	4
	9	3	4
	10	3	4

Tabelle 28 TÖTUNG VERSUCH II

Schlachttag	Code Nr.	Anzahl[1)]	Muskelprobe	Plasmaprobe
1. Tag	1	2x10	+	-
	4	2x10	+	+
	7	2x10	+	+
	9	2x10	+	+
	12	2x 8	+	+
	13	2x 7	+	+
2. Tag	1	2x 9	+	-
	4	2x10	+	+
	7	2x10	+	+
	9	10+9	+	+
	12	8+9	+	+
	13	2x 7	+	+

1) An jedem Tag wurden von jeder Wiederholung die Hälfte der vorhandenen Fische entnommen. Die von 20 abweichenden Werte

3. 1. 6. Versuchsauswertung

Die Versuchsauswertung geschah hauptsächlich durch die Größen Zunahme, Futterverwertung und spezifische Wachstumsrate (α). Weiterhin wurden beurteilt die Konzentration der freien Aminosäuren im Muskelfleisch (Versuch I und II) sowie im Serum (Versuch II) und die pathologischen Leberveränderungen und deren Rationsabhängigkeit.

Es wurde immer der gesamte Beckenbesatz gewogen und die Daten sowohl für das Gesamtgewicht als auch für den Einzelfisch errechnet. Die Wiegegenauigkeit belief sich auf 0.1 g.
Im Versuchsverlauf verendete Tiere wurden berücksichtigt. Fische, bei denen Verenden absehbar war, wurden aus dem Becken entfernt und getötet. Aufschluß über die in beiden Versuchen verendeten Tiere geben Tabelle 25 und Tabelle 26.

Tabelle 25 AUSFÄLLE VERSUCH I

Ration[1)]	Woche	Anzahl
6	4.	1
1	2.	1
6	9.[2)]	2

1) Beide Wiederholungen sind berücksichtigt.
2) Die zwei Fische starben am Tag vor der ersten Schlachtung.

Tabelle 26 AUSFÄLLE VERSUCH II

Ration[1)]	Woche	Anzahl
1	3.	1
2	3.	2
3	3.	1
11	3.	7[2)]
13	4.	3
14	4.	4
11	6.	1
13	6.	3
14	6.	1

1) Beide Wiederholungen sind berücksichtigt.
2) Die sieben Fische wurden alle am selben Morgen tot gefunden. Die Wasserzuleitung eines Rundbekkens war zu etwa zwei Dritteln durch einen Algenpfropf verstopft, der sich wohl über Nacht in der Zuleitung losgespült hatte. Der Sauerstoffgehalt des Wassers war auf einem Minimalwert angelangt. Die verendeten Tiere wiesen alle Anzeichen von Tod durch Atemnot auf.

3. 1. 6. 1. Wachstum

Der Schwerpunkt zur Beurteilung der Wachstumsunterschiede lag auf der spezifischen Wachstumsrate α , da diese einen im Vergleich anschaulicheren Wert darstellt als die absolute oder prozentuale Zunahme in g.

errechnet sich folgendermaßen:

$$W_t = W_o \left(1 + \frac{\alpha}{100} \right)^t$$

$$\alpha = \left(\sqrt[t]{\frac{W_t}{W_o}} - 1 \right) \times 100$$

W_t = Lebendmasse zum Zeitpunkt t

W_o = Lebendmasse zu Versuchsbeginn, bzw. zum Zeitpunkt der letzten Zwischenwiegung

t = Zeit in Tagen

α = spezifische Wachstumsrate

3. 1. 6. 2. Futterverzehr

Der Futterverzehr wird angegeben in g TS Futter pro Fisch über einen definierten Zeitraum.

3. 1. 6. 3. Futterverwertung

Die Futterverwertung wird durch die Gewichtszunahme (g) zu der Menge des aufgenommenen Futters (kg) errechnet.

$$FVW = \frac{\text{Zunahme (g)}}{\text{Futteraufn. (kg)}}$$

3. 1. 6. 4. Analysenmethoden zur Bestimmung der freien Aminosäuren im Plasma und in der Muskulatur

Das entnommene und heparinisierte Blut wurde abzentrifugiert und der Überstand sofort tiefgefroren. Zur Aufbereitung zur Analyse wurde das Plasma nach dem Auftauen im Verhältnis 1:1 mit Sulfo-

salicylsäure (6 %ig) versetzt, um das Eiweiß auszufällen. Der Niederschlag wurde mit 6000 U/min zehn Minuten lang abzentrifugiert, der Überstand milliporisiert und mit Lithiumpuffer verdünnt (1:1) und auf pH 2.0 eingestellt.
Zur Aufbereitung der Muskelproben wurden diese mit 0.1 n HCl im Verhältnis 1:10 versetzt und ganz kurz homogenisiert. Das Gemisch wurde dann 3 min bei 3000 U/min zentrifugiert, vom Überstand ein Teil entnommen und 1:1 mit 6%iger Sulfosalicylsäure versetzt. Die weitere Aufbereitung geschah wie die der Plasmaproben.
Die Aminosäureanalyse erfolgte kationenchromatographisch in einem Aminosäureanalyzer der Firma Biotronik[1].

3. 1. 7. Versuchsverlauf

3. 1. 7. 1. Versuch I:
Zu Versuchsbeginn war die Fütterung etwas problematisch, da die Fische sich vom Futter der Vorperiode nur schwer auf das Versuchsfutter umstellen ließen. Aber durch sehr langsame und zeitlich verteilte Fütterung konnte eine vollständige Aufnahme des Futters erreicht werden. Nach etwa einer Woche wurde das Futter relativ gerne angenommen. Wie in Tabelle 23 schon angegeben, stellten sich im Versuchsverlauf bei Ration (1) und (6) Verzehrsdepressionen ein, die durch Futterreduktionen beantwortet wurden.

[1] An dieser Stelle möchte ich Frau Dr. B. Holstein am Institut für die Durchführung der Analysen herzlich danken.

Die während der 8 Wochen verendeten Tiere starben ohne spezifische Krankheitsanzeichen. Vor ihrem Tod konnte man zunehmendes Abkippen über die Senkrechte und Schrägschwimmen beobachten, auch verpilzten die sterbenden Tiere rasch. Eine Untersuchung im zoologischen Institut durch Prof. Hoffmann auf Ektoparasiten verlief negativ. Prophylaktisch wurden alle Becken mit Formalin (37%ig, 1:6000 verdünnt) gegen einen etwaigen zunehmenden Pilzbefall behandelt. Die rechnerische mittlere Mortalität betrug 0.33 Prozent.

3. 1. 7. 2. Versuch II:
Die Futteraufnahme war hier von Anfang an als gut zu bezeichnen. Auch in diesem Versuch wurde in einigen Rationen das Futter allmählich reduziert, da Verzehrsdepressionen auftraten (siehe auch Tabelle 24).
Die Mortalität war in diesem Versuch bedeutend höher, die Tiere verendeten alle wieder unter unspezifischen Symptomen wie Senkrechtstehen und Schrägschwimmen. Sekundärverpilzungen traten in geringem Maße auf, ein Formalinbad wurde in der dritten Versuchswoche durchgeführt. Eine durchgeführte Untersuchung der Fische auf Ektoparasiten (Prof. Hoffmann) verlief ergebnislos.
Die in Tabelle 26 mit 2) gekennzeichneten Tiere verendeten haltungsbedingt an O_2-Mangel.
Es ergibt sich eine Mortalität von 4.1 Prozent, zieht man die haltungsbedingten Todesfälle ab, von 2.9 Prozent.

3. 2. ERGEBNISSE

3. 2. 1. Versuch I a

Die Endergebnisse sind in Tabelle 29 einzusehen. Im Anhang sind alle Zwischenergebnisse aufgeführt (A 1 und A 2).
Die besten Zunahmen waren in den Rationen (2) mit 2 % Arginin bei 1.0 % Tryptophan und (8) mit 0.6 % Tryptophan bei 5 % Arginin zu beobachten. Gruppe (8) übertraf Gruppe (2) geringfügig. Die weitere Abstufung bezüglich der Wachstumsrate war: Ration (3) vor Ration (5) vor Ration (4) vor Ration (7) vor Ration (6) vor Ration (1). Bei der Mangelration (1) war eine interessante Entwicklung zu beobachten. Die Fische behielten trotz fehlendem Arginin in der Diät die gesamte Versuchsdauer über eine geringe Zunahme bei.
Aufgrund dieser Ergebnisse wurde nach Versuchsauswertung die Rationszusammensetzung für Versuch II a ausgearbeitet, wobei das Optimum für Arginin bei 2 % gesehen wurde, das für Tryptophan bei 0.6 %. Die Abbildung 2 verdeutlicht die Zunahme der Einzelfische (Durchschnittswerte) der Rationen (1), (2), (5), (6) und (8) über die Versuchsdauer, Abbildung 3 zeigt das Verhalten von α(jeweils auf den Versuchsbeginn berechnet) derselben Rationen (siehe auch Tabelle 30).
Morphologie:
Von den Rationen (1), (5), (6) und (8) waren je 21 Fische untersucht worden auf Lebervergrößerungen, zelluläre Infiltrate, Gallengangsprolifera-

tionen, -adenome und -carcinome. Die genauen Ergebnisse dieser von Prof. Hoffmann durchgeführten Untersuchungen sind in Tabelle 31 einzusehen.
Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Rationen (8), (5) und (6) das höchste Lebergewicht, prozentual zum Fischgesamtgewicht betrachtet, aufwiesen. Die argininfreie Ration (1) hatte einen fast um die Hälfte geringeren Wert als die Rationsgruppe (8).
Gallengangsproliferationen traten in hohem Prozentsatz in Ration (8) auf. Auffallend war auch die Häufigkeit der Regeneratknoten in den Lebern der Ration (5).
Wie unter 3. 1. 4. 1. schon erwähnt, war eine mögliche Mykotoxikose der Versuchsfische durch eingehende Futteruntersuchungen ausgeschlossen worden und kann somit nicht für die Leberveränderungen verantwortlich gemacht werden.
Aminosäureanalysen:
Die bei der Bestimmung der freien Aminosäuren in der Rückenmuskulatur ermittelten Werte einiger essentieller Aminosäuren sind in Tabelle 32 einzusehen, eine Aufstellung über die Gesamtanalyse findet sich im Anhang (A 9).
Der Gehalt an Arginin ist auffallend gering in der argininfreien Ration (1), aber auch in der Ration (6). Ration (5) mit 6 Prozent Arginin vom Rohprotein im Futter weist den höchsten Wert auf.
Tryptophan konnte aus technischen Gründen nicht bestimmt werden, da es die Empfindlichkeit des Analyzers unterschritt.

Tabelle 29

ENDERGEBNISSE VERSUCH I a
8 Wochenergebnisse: Wachstum (LM, LMZ und α), Futterverzehr (FVZ) und Futterverwertung (FVW)

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
RP gesamt	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
Arg % v. RP	0.0	2.0	4.0	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0
Try % v. RP	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.2	0.4	0.6
LM (g) VB	4.2	4.3	4.2	4.4	4.4	4.1	4.1	4.4
LM (g) VE	5.1	8.5	8.0	8.4	8.4	6.1	7.7	8.9
LMZ (g)	0.9	4.2	3.8	4.0	4.0	2.0	3.6	4.5
α	0.33	1.23	1.17	1.16	1.19	0.70	1.14	1.27
FVZ (g)	4.8	6.1	5.8	6.2	6.2	5.3	5.9	6.1
FVW (g/kg Futter)	189	690	653	650	647	381	615	740
Verluste	1	-	-	-	-	1	-	-

Tabelle 30 VERHALTEN VON α IN VERSUCH I a (KUMULATIV)

Versuchsdauer	2 Wo	4 Wo	6 Wo	8 Wo
Ration (1)	0.81	0.43	0.37	0.33
Ration (2)	1.64	1.38	1.25	1.23
Ration (3)	1.54	1.33	1.20	1.17
Ration (4)	1.74	1.36	1.20	1.16
Ration (5)	1.61	1.44	1.26	1.19
Ration (6)	1.57	0.87	0.80	0.70
Ration (7)	1.85	1.50	1.25	1.14
Ration (8)	1.34	1.31	1.26	1.27

Abb. 2 LEBENDMASSEZUNAHME VERSUCH I a

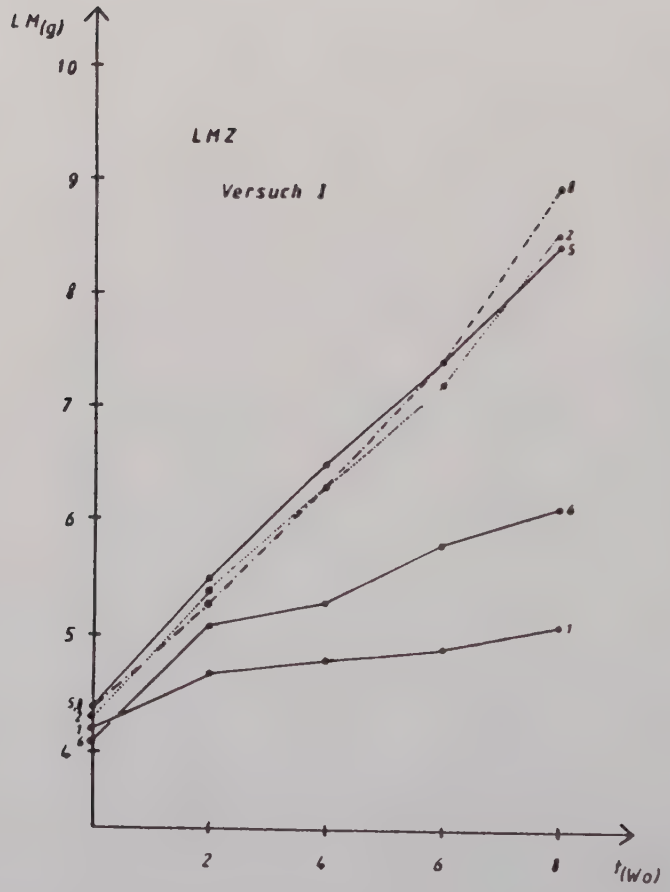


Abb. 3 SPEZIFISCHE WACHSTUMSRATE VERSUCH I a
(kumulative Entwicklung)

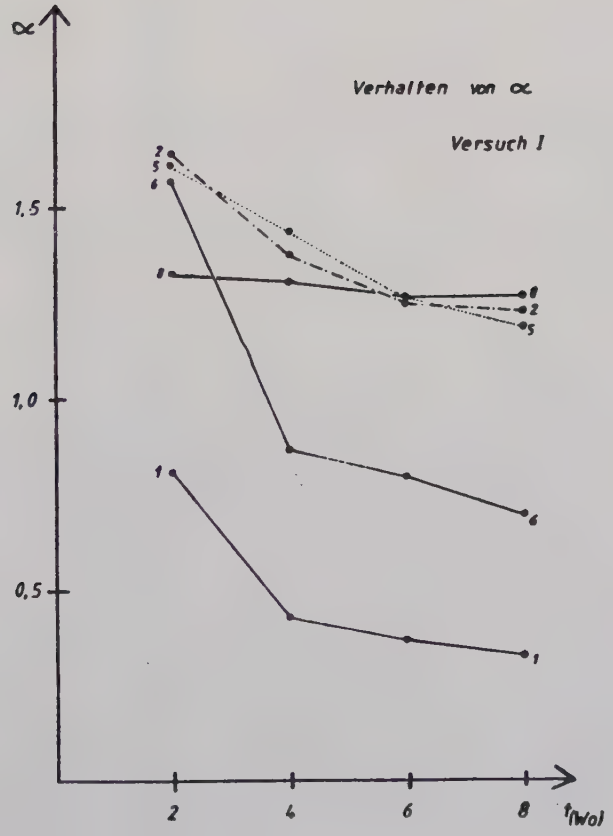


Tabelle 31 MORPHOLOGISCHE ERGEBNISSE VERSUCH I

Gruppe	n	Gew. (g) $\bar{x}$	Lebergew. $\bar{x}$	Leber % z. Fisch	Gg. prol.	Gg. ad.
(1)	21	5.25	0.21	4.01	0	0
(5)	21	8.74	0.67	7.65	8	0
(6)	21	6.11	0.45	7.39	0	0
(8)	21	9.21	0.71	7.76	15	
(9)	20	10.90	0.71	6.50	13	(1)
(10)	21	11.31	0.73	6.44	13	

Gg. prol.: Gallengangsproliferationen
Gg. ad.: Gallengangsadenome

Tabelle 32 GEHALT AN FREIEN AMINOSÄUREN IM MUSKEL; VERSUCH I a

Angaben in mg/100 g TS

AS	(1)	(5)	(6)	(8)
Arginin	0.72	2.55	0.54	1.72
Lysin	1.94	5.97	2.69	4.72
Methionin	0.41	1.72	0.49	1.85
Threonin	0.88	1.41	0.71	1.02
Isoleucin	0.34	1.53	0.39	1.13
Leucin	0.79	3.44	1.06	2.63

3. 2. 2. Versuch II a

Die Endergebnisse sind in Tabelle 33 zusammengefaßt, die Zwischenergebnisse im Anhang (A 5 und A 6). Des weiteren informieren die Abbildungen 4 und 5 sowie die Tabelle 34.
Wie im ersten Versuch wurden für die Rationsgruppen mit 2 Prozent Arginin vom Rohprotein die besten Werte hinsichtlich Wachstumsrate und Zunahme gemessen (Code Nr. (4) und (9)). Auch für die Rationen (6) und (7) mit 6 Prozent Arginin bei 0.5 und 0.6 Prozent Tryptophan vom Rohprotein wurden hohe Werte ermittelt, die Endergebnisse dieser 4 Rationen lagen sehr eng zusammen. Die übrigen vollsynthetischen Rationen zeigten bezüglich Wachstumsrate folgende Reihenfolge: Ration (8) vor Ration (5)

vor Ration (10) vor Ration (3) vor Ration (2) vor Ration (1).
Überraschend war auch in Versuch II a in der Gruppe mit absolutem Argininmangel in den 8 Wochen eine minimale Zunahme aufgetreten.
Morphologie:
Je 10 Tiere aus den Rationsgruppen (1), (4), (7) und (9) waren auf Lebergewicht, Gallengangsproliferationen und Nierenschäden untersucht worden (Prof. Hoffmann).
Das höchste prozentuale Lebergewicht wurde in Gruppe (7) gemessen, die Werte der Gruppen (9) und (4) unterschieden sich hiervon kaum. Der geringste Wert wurde wieder in der Gruppe (1) mit weniger als der Hälfte des Höchstwertes ermittelt.
Gallengangsproliferationen traten in den Gruppen (4) mit 60 % Häufigkeit, (9) mit 50 % Häufigkeit und (7) mit 20 % Häufigkeit auf. Gruppe (1) war wie in Versuch I a frei von Proliferationen.
Interessant war auch die Häufigkeit der Nierenschäden, getrennt nach Verkalkungen und Zylindern. Genaue Angaben sind Tabelle 35 zu entnehmen.
Aminosäureanalysen:
Bei der Bestimmung der freien Aminosäuren in der Rückenmuskulatur interessierte vorrangig Arginin. Aus der Tabelle 36 kann der Argininggehalt zusammen mit den Gehalten an einigen anderen essentiellen Aminosäuren entnommen werden. Die dort aufgeführten Werte ergeben sich aus der Mittlung der durchgeführten Doppelproben. Im Anhang (A 10, A 11 und A 12) finden sich die Aufstellungen aller Aminosäurewerte dieser Analysen.

Tabelle 33

ENDERGEBNISSE VERSUCH II a
8 Wochenergebnisse: Wachstum (LM, LMZ und ∝), Futterverzehr (FVZ) und Futterverwertung (FVW)

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
RP gesamt	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	35.0
Arg % v. RP	0.0	1.0	1.5	2.0	3.0	6.0	6.0	6.0	2.0	2.0
Try % v. RP	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.6	0.8	0.6	0.6
LM (g) VB	7.8	8.1	7.9	7.8	8.2	7.8	7.7	7.9	7.8	8.1
LM (g) VE	8.4	11.8	12.9	15.0	14.4	14.7	14.8	14.0	15.0	13.8
LMZ (g)	0.6	3.7	5.0	7.2	6.2	6.9	7.1	6.1	7.2	5.7
∝	0.13	0.67	0.88	1.17	1.01	1.14	1.17	1.03	1.18	0.96
FVZ (g)	7.8	10.0	10.0	11.1	11.0	10.9	10.8	10.7	11.0	10.1
FVW (g/kg Futter)	86	363	504	639	567	622	659	565	647	526
Verluste	1	2	1	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 34 VERHALTEN VON α IN
VERSUCH II a (KUMULATIV)

Versuchsdauer	2 Wo	4 Wo	6 Wo	8 Wo
Ration (1)	0.09	0.18	0.18	0.13
Ration (2)	1.15	0.83	0.75	0.67
Ration (3)	1.18	1.02	0.94	0.88
Ration (4)	1.64	1.02	1.30	1.17
Ration (5)	1.28	1.22	1.14	1.01
Ration (6)	1.49	1.40	1.26	1.14
Ration (7)	1.51	1.31	1.29	1.17
Ration (8)	1.33	1.22	1.17	1.03
Ration (9)	1.57	1.40	1.30	1.18
Ration (10)	1.19	1.23	1.11	0.96

Abb. 4 LEBENDMASSEZUNAHME VERSUCH II a

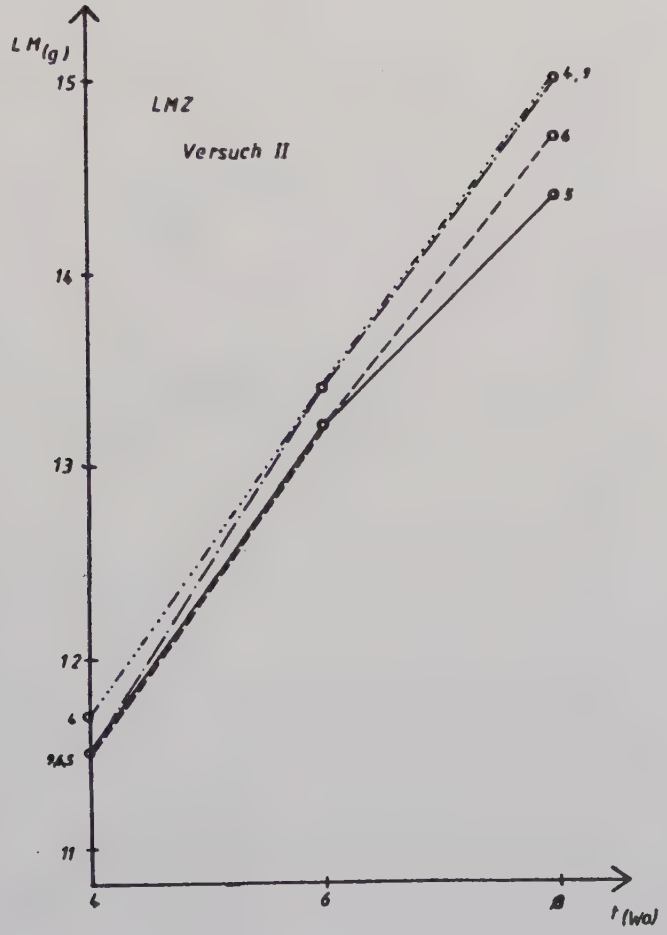


Abb. 5 SPEZIFISCHE WACHSTUMSRATE VERSUCH II a
(kumulative Entwicklung)

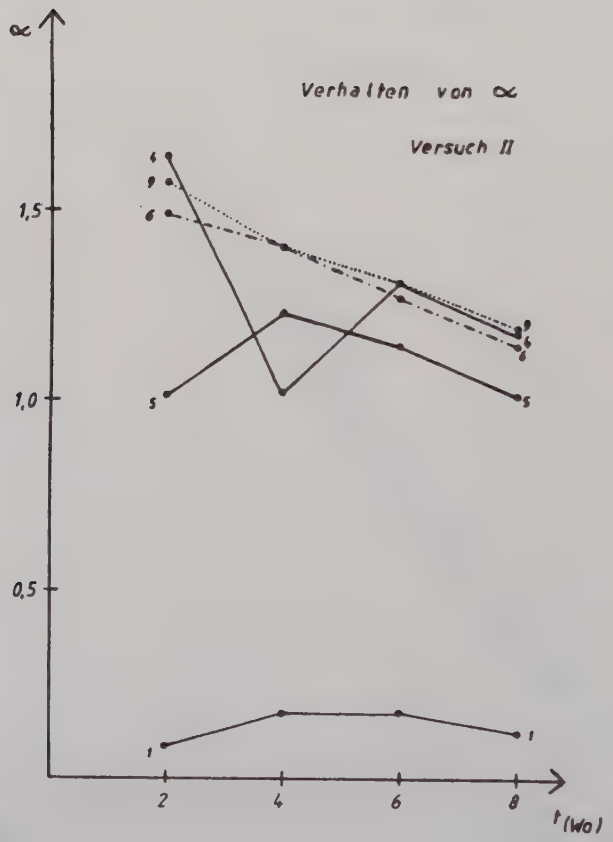


Tabelle 35 MORPHOLOGISCHE ERGEBNISSE VERSUCH II

Gruppe	n	Gew. (g) $\bar{x}$	Leber-gew. $\bar{x}$	Leber % z. Fisch $\bar{x}$	Gg.prol.	Niere Verk.	Zyl.
(1)	10	9.13	0.24	2.56	0	7	20
(4)	10	25.11	1.66	6.74	6	5	7
(7)	10	18.24	1.26	7.17	2	2	0
(9)	10	17.67	1.15	6.85	5	1	1
(12)	10	24.16	1.23	5.20	0	0	0
(13)	10	17.24	0.87	4.80	0	2	0

Gg.: Gallengangsproliferationen
Verk.: Verkalkungen
Zyl.: Zylinder

Tabelle 36 GEHALT AN FREIEN AMINOSÄUREN IM MUSKEL; VERSUCH II a

Angaben in mg/100 g TS

Code Nr.	(1)	(4)	(7)	(9)
Arg % v. RP	0.0	2.0	6.0	2.0
Try % v. RP	1.0	1.0	0.6	0.6
Arginin	0.42	-	1.96	0.31
Lysin	3.16	2.13	3.20	1.93
Methionin	1.12	2.24	2.34	1.94
Threonin	3.58	7.73	5.39	6.29
Isoleucin	1.11	0.98	1.28	1.06
Leucin	2.26	3.36	2.84	2.79

3. 2. 3. Versuch I b und Versuch II b

Tabelle 37 gibt Aufschluß über die Endergebnisse von Versuch I b, Tabelle 38 über die ermittelten Werte von Versuch II b. Im Anhang sind unter A 3 und A 4 sowie A 7 und A 8 alle Zwischenergebnisse aufgeführt.

Im ersten Versuch wiesen die Caseinrationen im Ganzen bessere Zunahmen und bessere Wachstumsraten auf als die synthetischen Rationsgruppen. Das dürfte in erster Linie auf die höhere Futtermenge (3 % d. LM/Tag gegenüber 2 % d. LM/Tag) zurückzuführen sein. Untereinander verglichen schnitt die mit 2 % Cystein vom Rohprotein substituierte Rationsgruppe (10) etwas besser als die mit 2 % Methionin ergänzte Ration (9) ab.

Bei den vier Caseinrationen von Versuch II erga-

Tabelle 37

ENDERGEBNISSE VERSUCH I b
8 Wochenergebnisse (Hauptperiode): Wachstum (LM, LMZ und α), Futterverzehr (FVZ) und Futterverwertung (FVW)

Code Nr.	(9)	(10)
RP gesamt	26.0	26.0
Cys-Zusatz in % v. RP	0.0	2.0
Met-Zusatz in % v. RP	2.0	0.0
LM (g) VB	4.2	4.1
LM (g) VE	10.7	10.8
LMZ (g)	6.5	6.7
α	1.68	1.75
FVZ (g)	9.94	9.79
FVW (g LMZ/ kg Futter)	655	681
Verluste:	-	-

Tabelle 38 ENDERGEBNISSE VERSUCH II b
8 Wochenergebnisse (Hauptperiode):
Wachstum (LM, LMZ und α), Futterverzehr (FVZ) und Futterverwertung (FVW)

Code Nr.	(11)	(12)	(13)	(14)
RP gesamt	26.0	26.0	26.0	26.0
Cys-Zusatz in % v. RP	0.0	4.0	0.0	2.0
Met-Zusatz in % v. RP	4.0	0.0	0.0	0.0
LM (g) VB-	7.6	8.0	7.9	7.7
LM (g) VE	12.9	14.8	12.0	13.2
LMZ (g)	5.1	6.8	4.1	5.5
α	0.95	1.10	0.75	0.97
FVZ (g)	9.85	11.07	9.85	10.58
FVW (g LMZ/ kg Futter)	518	614	418	521
Verluste:	8	-	6	5

ben sich für die mit 4 % Cystein vom Rohprotein angereicherte Ration (12) die besten Werte, gefolgt von Rationsgruppe (14) mit 2 % Cystein vom Rohprotein vor (11) mit 4 % Methionin vom Rohprotein vor der reinen Caseinration (13) ohne Aminosäurezusatz.
Morphologisch waren die beiden Caseinrationsgruppen des ersten Versuches mit je 21 Fischen zur Schlachtung gekommen, wie bei den vollsynthetischen Gruppen war auch bei ihnen auf Lebervergrößerungen, Gallengangsproliferationen und zelluläre Infiltrate untersucht worden. Das Lebergewicht der beiden Rationen unterschied sich kaum. Gallengangsproliferationen waren bei beiden Gruppen, (9) mit 65 Prozent und (10) mit 62 Prozent Häufigkeit zu sehen. Ein nicht eindeutiges Gallengangsadenom war in Ration (9) bemerkt worden.
Im zweiten Versuch wurden die Rationen (12) und (13) betrachtet. Gallengangsproliferationen traten in diesen Caseingruppen diesmal nicht auf.
Die Auswertung beider Versuche hinsichtlich des Gehaltes an freiem Cystin in der Muskulatur konnte nicht erfolgen, da das Cystin in verschwindend geringen Mengen vorlag. Der Methioningehalt im Fischmuskel wies im ersten Versuch für die Rationsgruppe (9) mit 2 % Methionin vom Rohprotein einen deutlich höheren Wert auf als die mit 2 % Cystein vom Rohprotein substituierte Ration (10). Im zweiten Versuch waren weder im Muskel noch im Plasma Unterschiede im Methioninspiegel erkennbar.

4. DISKUSSION

Untersuchungen zur Prüfung verschiedener Proteinquellen und damit auch zur Prüfung des Aminosäurebedarfs sollten mindestens 8 Wochen durchgeführt werden. Dies entspricht den eigenen Erfahrungen mit argininfreien Rationen wie denen von STRAUSS PFEFFER. Wenn allerdings morphologische Kriterien (histopathologische Untersuchungen der Lebern) in die Untersuchung Eingang finden sollen, müssen 8 Wochen wahrscheinlich als zu kurz bezeichnet werden, um endgültige Resultate zu erhalten.

In beiden Versuchen mit kristallinen Aminosäuren traten in den Lebern von Fischen aus verschiedenen Gruppen gehäuft Gallengangsproliferationen auf, nur einmal wurde ein Gallengangsadenom festgestellt. In Untersuchungen von HOFFMANN und GROPP (1983) traten bei Verwendung einer Aminosäuremischung als einziger Proteinquelle nach 16 bzw. 25 Wochen gehäuft auch Gallengangscarcinome auf.

Die Verlustrate in allen Versuchen war relativ niedrig, so daß die Validität der Ergebnisse durch hohe Mortalität oder Morbidität nicht in Frage gestellt wurde. Allein aus den Konzentrationsbestimmungen freier Aminosäuren im Plasma und Muskelgewebe können nur sehr zurückhaltende Schlüsse gezogen werden, weil einmal das Probenmaterial zur Untersuchung keine ausreichenden Wiederholungsanalysen zuließ und zum anderen die Futteraufnahme zwischen den Gruppen nicht gleich gehalten werden konnte.

4. 1. SCHÄTZUNGEN DES ARGININBEDARFS

Überraschend konnte in den argininfreien Rationen noch nach 8 Wochen Versuchsdauer ein geringfügiges Wachstum festgestellt werden. Bei vergleichbaren Untersuchungen anderer Autoren mit dem vollständigen Mangel einer Aminosäure (z. B. STRAUSS, 1982) wurden zwar Gewichtsverluste auch erst nach 3 bis 4 Wochen Versuchsdauer festgestellt, mit Fortgang des Versuches wurde aber in allen Fällen eine erhöhte Krankheitsanfälligkeit oder sogar ein Verenden der Tiere beobachtet. Dies trifft für die vorliegenden Untersuchungen nicht zu.
Obwohl KAUSHIK (1979) Arginin als essentielle Aminosäure für Forellen bezeichnet, deuten die eigenen Untersuchungen eher auf Semiessentialität von Arginin hin. Damit wäre Arginin bei der Regenbogenforelle ähnlich zu sehen wie bei Säugetieren (ROSE, 1931).
Ganz offensichtlich besteht aber bei der Regenbogenforelle ein deutlicher Argininbedarf für optimales Wachstum. Die besten Wachstumsergebnisse wurden in beiden Versuchen mit einer Argininkonzentration von 2.0 % vom Rohprotein erhalten. Dies liegt deutlich unter den bisher als gültig angesehenen Bedarfswerten von 6.0 % vom Rohprotein (HALVER, MERTZ). OGINO (1980) schätzt den Bedarf der Regenbogenforelle an Arginin auf 3.8 % vom Rohprotein, die Daten von KAUSHIK (1979), angegeben als mg Arginin/kg Lebendmasse, lassen einen Bedarf in der Größenordnung von 4.3 bis 4.7 % vom Rohprotein erwarten. Insofern erscheint zumindest

die Feststellung zwingend, daß der Argininbedarf niedriger als bisher angenommen liegt.
Die Konzentrationen an freiem Arginin im Muskel, weniger deutlich im Plasma, liegen bei 0 und 2 % in der Relation etwa gleichermaßen niedrig. Bei 6 % Arginin vom Rohprotein wird ein Höchstwert erreicht. Caseinrationen mit etwa 3.8 % Arginin im Protein führten gegenüber der 2prozentigen Argininggruppe ebenfalls zu deutlich erhöhten Werten. Die genannten Parameter erlauben allenfalls eine Eingrenzung des Argininbedarfs zwischen 2.0 und 3.8 % vom Rohprotein.
Noch nicht abgeschlossene Untersuchungen (HELM, D. und MEYER S. 1984) begünstigen 4 % Arginin vom Rohprotein im Vergleich zu 2 (und auch 6 %) Arginin vom Rohprotein. Die Osmolarität des umgebenden Wassers ändert den Argininbedarf. So ermittelte KAUSHIK für Regenbogenforellen im Salzwasser einen niedrigeren Argininbedarf als im Süßwasser (140 bis 200 mg gegenüber 380 mg). Es darf angenommen werden, daß die Haltungsbedingungen die Synthese verschiedener Kompartimente ändern. In Untersuchungen (SCHWALB, 1982) wird geschlossen, daß die Schleimproduktion der Fischoberfläche eine nicht unmaßgebliche Proteinverlust- , und damit auch Proteinbedarfsquelle darstellt. Daten für eine faktorielle Bedarfsbestimmung liegen noch nicht vor. Es ist nur bekannt, daß Schleim 50-60 Prozent Rohprotein enthält. Schätzungen der täglichen Schleimproduktion variieren zu sehr, um als Schätzzahl in eine Berechnung übernommen zu werden. Es kann deshalb an dieser Stelle nur darauf hingewiesen werden, daß bei deutlich voneinander abweichendem Bedarf für

Muskelproteinsynthese und Schleimproteinsynthese und variablem Verhältnis der beiden Syntheseleistungen zueinander auch entsprechende Änderungen des Bedarfswertes bezogen auf die Futterkonzentration auftreten können. Damit wäre die Möglichkeit gegeben, optimale Wachstumsraten sowohl bei 2 als auch bei 4 % Arginin vom Rohprotein im Futter als zwar richtige Versuchsergebnisse zu erklären, zu einer Bedarfsabschätzung würden diese unter nicht hinreichend genau definierten Versuchsbedingungen gewonnenen Werte allerdings wenig beizutragen vermögen.

4. 2. SCHÄTZUNGEN DES TRYPTOPHANBEDARFS

Die bekannten Bedarfsempfehlungen geben für Tryptophan einen Wert von 0.5 % vom Rohprotein an. Damit wird eine sehr gute Übereinstimmung zu den eigenen Untersuchungsergebnissen erreicht. Mit 0.5-0.6 % Tryptophan im Rohprotein einer Aminosäuremischung wurden in beiden Versuchen die besten Wachstumsergebnisse erreicht. Niedrigere wie auch höhere Tryptophankonzentrationen ließen sowohl Wachstumsrate als auch Futterverwertungszahlen mehr oder weniger deutlich absinken. Anschlußuntersuchungen (HELM, MEYER) lassen die Vermutung zu, daß die Spanne innerhalb derer der Tryptophanbedarf genauer zu quantifizieren wäre zwischen 0.5 und 0.75 % vom Rohprotein zu suchen ist.
Der Tryptophanbedarf ist damit offensichtlich viel weniger von Versuchsvariablen abhängig als dies für den Argininbedarf angenommen werden muß. Auf jeden Fall aber liegt der Tryptophanbedarf

von Regenbogenforellen niedriger als von Säugetieren mit vergleichbaren Wachstumsraten (0.8-1.0 % vom Rohprotein). Dies erlaubt die Verwendung von Futtermitteln mit relativ niedrigem Tryptophangehalt in hoher Konzentration in der Forellenfütterung. Diesen Futtermitteln kommt in der Ernährung von Geflügel und Schweinen allenfalls marginale Bedeutung zu (wie beispielsweise Federmehl und Gelatine, GROPP 1978). Tryptophan ist offensichtlich hinsichtlich einer Überversorgung kritischer einzustufen als bisher bekannt. Dafür sprechen die Wachstumsdepressionen, die bisher bei 1.0 % Tryptophan gegenüber 0.5 % Tryptophan im Futterprotein von Regenbogenforellen erhalten wurden. Als Indiz hierfür dürfen auch Ergebnisse von KRAUSS (1983) bei Wachtelküken gewertet werden.

4. 3. ERGÄNZUNGSBEDARF VON CASEIN AN SCHWEFELAMINOSÄUREN

Casein gilt allgemein als defizitär an Schwefelaminosäuren, das heißt, an Cystein. Deshalb wird Casein bei Verwendung als Proteinquelle in Labortierdiäten regelmäßig mit Methionin ergänzt. Die Verträglichkeitsgrenze für Methionin wird allgemein als relativ niedrig angesehen. NOSE empfiehlt deswegen, Schwefelaminosäuren-defizitäre Forellenrationen nicht mit Methionin sondern mit Cystein aufzuwerten (1974).
In einem ersten Versuch wurden deshalb Zusätze von 2.0 % Methionin und Cystein zum Caseinprotein miteinander verglichen. Beide Rationen führten zu gleichwertigen Ergebnissen. In Versuch II konnte

gezeigt werden, daß Casein auch für die Regenbogenforelle ergänzungsbedürftig an Schwefelaminosäuren ist. Mit ? und 4 % Cystein-Zusatz zum Protein wurden deutlich bessere Zunahmen als ohne Zusatz erzielt. 4 % Methionin war allerdings 4 % Cystein erkennbar unterlegen.
Die eigenen Befunde scheinen damit die von NOSE erstmals empfohlene Zurückhaltung gegenüber Methionin zugunsten von Cystein - zumindest bei halbsynthetischen Rationen - zu bestätigen. Es wird empfohlen, Forellenrationen auf Caseinbasis mit 4 % Cystein vom Caseinprotein zu ergänzen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

In 2 Versuchen an insgesamt 860 Forellensetzlingen (durchschnittliche Lebendmasse 4.2 g in Versuch I und 7.9 g in Versuch II) wurde versucht, den Bedarf an den essentiellen Aminosäuren Arginin und Tryptophan näher einzugrenzen. Die Versuche dauerten jeweils 8 Wochen. Eine Mischung kristalliner Aminosäuren (L-Form, Ausnahme DL-Methionin) diente als einzige Proteinquelle (26 Prozent Rohprotein). Hauptversuchskriterien waren Wachstum und Futterverwertung, ergänzend für die Argininfragestellung wurde eine Bestimmung freier Aminosäuren im Plasma und im Muskel (Rückenmuskel) durchgeführt.
Tryptophankonzentrationen zwischen 0.2 und 1.0 Prozent vom Rohprotein wurden untersucht. Die Wachstumsdaten wiesen alle auf 0.5 Prozent Tryptophan vom Rohprotein als Bedarfsgrößenordnung hin. Dieser Wert liegt im Bereich bisher bekannter Bedarfsschätzungen.
Arginin wurde in Konzentrationen von 0 bis 6.0 Prozent vom Rohprotein eingesetzt. Die Verfütterung einer argininfreien Ration führte nach etwa 4 Versuchswochen zu deutlichen Verzehrsdepressionen. Gewichtsverluste traten aber nicht auf. Wachstums- und Futterverwertungsdaten begünstigten 2.0 Prozent Arginin vom Rohprotein als optimale Argininversorgung. Aus den Untersuchungen freier Aminosäuren im Muskel kann hingegen nur geschlossen werden, daß der Bedarf wahrscheinlich zwischen 2.0 und 4.0 Prozent Arginin vom Rohprotein liegen dürfte. Plasmauntersuchungen

waren wenig aussagefähig.
Parallel zu den Versuchen mit Aminosäuremischungen wurden an insgesamt 300 Forellen Versuche mit Casein als einziger Proteinquelle (26 Prozent Rohprotein im Futter) durchgeführt, um den Ergänzungsbedarf an Schwefelaminosäuren zu studieren. Die Versuche zeigten, daß ein Zusatz von Schwefelaminosäuren zu Casein die Wachstumsrate und die Futterverwertung verbesserten. Bei Zusatz von 2 Prozent Schwefelaminosäuren zum Caseinprotein ergaben sich keine Unterschiede zwischen Methionin und Cystein. Bei einer Verdopplung der Schwefelaminosäureergänzung wurde für Cystein eine weitere Wachstumssteigerung gemessen, während für Methionin eher eine Wachstumsdepression eintrat.

5. 1. SUMMARY

STUDIES ON ARGININE AND TRYPTOPHANE REQUIREMENT OF RAINBOW TROUT (S. GAIRDNERI RICHARDSON) FED PURIFIED DIETS

Two experiments were performed on a total of 860 trout fingerlings (average weight 4.2 g and 7.9 g in the first and second experiment respectively) in order to determine the requirement of the essential amino acids arginine and tryptophane more precisely. Both experiments lasted 8 weeks.

A mixture of crystalline amino acids (L-form with the exception of DL-methionine) served as the sole source of protein (26 % crude protein). The main criteria in the experiments were growth and food utilization. In addition, as far as the arginine factor is concerned, an analysis of the free amino acids in plasma and muscle (dorsal muscle) was performed.

Tryptophane concentrations in dietary protein between 0.2 and 1,0 % were studied. Based on growth data 0.5 % of crude protein seemed to reflect the range of requirement. This amount is within the range of estimates of tryptophane required known at present.

Concentrations of arginine from 0.0 to 6.0 % of crude protein were tested. The feeding of an arginine-free diet led to a remarkable depression in feed consumption. There was, however, at this level of arginine no loss of weight.

Growth and feed conversion data favoured 2.0 % of arginine of crude protein as the optimal arginine supply. The analysis of free amino acids in muscle allowed the conclusion, that the requirement for arginine could range between 2.0 and 4.0 % of dietary protein. No reliable conclusions could be drawn from the analysis of plasma.

Parallel to the tests with mixtures of amino acids, experiments were carried out on a total of 300 trout fingerlings with casein being the sole source of protein (26 % crude protein in ration) in order to study the supplemental need of sulfur amino acids for optimal growth.

The experiments showed that an addition of sulfur amino acids to casein led to a better growth and feed conversion. When 2.0 % sulfur amino acids - methionine or cysteine - were added to casein protein there were no differences in the results. An increase in growth was measured when 4.0 % of cysteine was added while 4.0 % of methionine supplemented to dietary protein led to a growth depression.

6. LITERATURVERZEICHNIS

ABERHALDEN, E.: Fütterungsversuche mit vollständig abgebauten Nahrungsstoffen. Lösung des Problems der künstlichen Darstellung der Nahrungsstoffe.
(1912) Hoppe-Seylers Z. phys. Chem. 77, 22

ABERHALDEN, E.: Weitere Beiträge zur Kenntnis von organischen Nahrungsstoffen mit spezifischer Wirkung. XV. Ernährungsversuche mit künstlich dargestellten organischen Nahrungsstoffen und ferner mit aus organisch zusammengesetzten Nahrungsstoffen gewonnenen Bausteinen mit und ohne Zusatz von Nutraminen.
(1922) Pflügers Arch. ges. Physiol. Msch. u. Tiere 195, 199

ALBRECHT, M.L. und WÜNSCHE, J.: Der Gehalt an Aminosäuren im Protein niederer Wassertiere und dessen Bedeutung für die
(1972) Fischernährung.
Arch. Tierernährung 22, 423

ANDREWS, J.W.: Growth factors in the fish meal component of catfish diets.
(1974) J. Nutr. 104, 1091

ANDREWS, J. W., PAGE, J.W. und MURRAY, M.W.: Supplementation of a semipurified (1977) casein diet for catfish with free amino acids and gelatin. J. Nutr. 107, 1153

AOE, H., MASUDA, I., SAITO, T., TOYODA, T. und KITAMURA, S.: Nutrition of protein (1970) in young carp I. Nutritive value of free amino acids. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 36, 407

ARAI, S., NOSE, T. und HASHIMOTO, Y.: Amino acids essential for the growth of eels, (1972) Anguilla anguilla and A. japonica. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 38 (7), 753

BORMAN, A., WOOD, T.R., BLACK, H.C., ANDERSON, E.G., OESTERLING, M.J., WOMACK, M. und (1946) ROSE, W.C.: The role of arginine in growth with some observations on the effects of arginic acid. J. Biol. Chem. 166, 585

CHANCE, R.E.: Free amino acids and related com- pounds in the plasma of Chinook Sal- (1962) mon and swine. Ph. D. Thesis, Purdue University, Indiana, USA (zitiert nach KAUSHIK, LUQUET, 1977).

CHANCE, R.E., MERTZ, E.T. und HALVER, J.E.:
Nutrition of salmonid fishes. XII.
(1964) Isoleucine, leucine, valine and phenylalanine requirements of chinook salmon and interrelations between isoleucine and leucine for growth.
J. Nutr. 83, 177

ECKHERDT, C.D. und KEMMERER, A.R.: Effect of vitamin A and methionine on growth and
(1974) amino acid composition of body protein in rainbow trout fingerlings.
J. Nutr. 104, 865

GROPP, J.: Stand und Erkenntnisse in der Fischfütterung aus wissenschaftlicher
(1978) Sicht.
Tierzüchter, 30, 59

GROPP, J., KOOPS, H., TIEWS, K: und BECK, H.:
Replacements of fish meal in trout
(1978) feeds by other feedstuffs.
Advances in Aquaculture, Publ. by T. Pillay, Fish. News Books Ltd. Farnham, Surrey, England, 596

HALVER, J.E., De LONG, D.C. und MERTZ, E.T.: Nutrition of salmonoid fishes. Classifi-
(1957) cation of essential amino acids for chinook salmon.
J. Nutr. 63, 95

HALVER, J.E.: Nutrition of salmonoid fishes. IV. An amino acid test diet for chinook (1957) salmon.
J. Nutr. 62, 245

HALVER, J.E., De LONG, D.C. und MERTZ, E.T.: Threonine and lysine requirements (1958) of chinook salmon.
Fed. Proc. 17, 1873

HALVER, J.E., De LONG, D.C., und MERTZ, E.T.: Methionine and cysteine require- (1959) ments of chinook salmon.
Fed. Proc. 18, 2076

HALVER, J.E.: Tryptophane requirement of chinook, sockeye and silver salmon. (1965) Fed. Proc. 24, 229

HARDING, D.E., ALLEN, O.W. JR. und WILSON, R.P.: Sulfur amino acid requirement of (1977) channel catfish: L-methionine and L-cystine.
J. Nutr. 107, 2031

HELM, D. und MEYER S.: Bisher unveröffentlicht, Diss. med. vet. München (1984) 1984

HOFFMANN, G. und GROPP, J.: Dietary induction of biliar tumours in rainbow trout. (1983) First intern. Conf. of European Assc. of Fish Path., 19. 9.- 23. 9. 1983 Plymouth, England

HOPKINS, F.G.: (zitiert nach ROSE, W.C., 1938) (1916) J. Chem. Soc. 109, 629

JÜRSS, K.: The effect of change in external salinity on free amino acids and (1980) two aminotransferases of white muscle from fasted Salmo gairdneri Richardson. Comp. Biochem. and Phys. A 65 (4) 501

KAUSHIK, S. und LUQUET, P.: Study of free amino acids in rainbow trout in relation (1977) to salinity changes. Blood free amino acids during starvation. Ann. Hydrobiol. 1977 8 (2), 135

KAUSHIK, S.: Application of a biochemical method for the estimation of amino (1979) acid needs in fish: quantitative arginine requirements of rainbow trout in different salinities. S. 197 in Finfish Nutr. and Fishfeed Technology I, J.E. HALVER und K. TIEWS eds. Schriften der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, 1979

KRAUSS, S.: (1983) Zur Charakterisierung von Nähr- und Wirkstoffimbalancen in Single Cell Protein (Probion) bei Geflügel Diss. med. vet. München

LEHMANN, J. und STÜRENBERG, F.J.: (1980) Techniken zur Blutentnahme bei Süßwasserfischen. Fisch und Umwelt, 77

Mc CARTNEY, T.H.: (1967) The effect of dietary protein level and methionine supplementation on the growth, chemical composition and total sulfur of fingerling brook trout. Cortl. Hatch. Conserv. Dep. Albany N.Y. 20-24

MERTZ, E.T.: (1972) Amino acid and protein requirements of fish. S. 233 in Fish in Research, O.W. NEUHAUS, J.E. HALVER eds. Academic Press, New York, London

MERTZ, E.T.: (1972) The protein and amino acid needs. S. 105 in Finfish Nutrition, J.E. HALVER ed. Academic Press, New York, London

MESKE, C. und PFEFFER, E.: Untersuchungen über Mikroalgen, Hefe oder Casein als (1977) Komponenten eines fischmehlfreien Trockenfutters für Karpfen. Z. Tierphysiol.,Tierern. und Futtermittelkde. 38, (4), 177

NOSE, T.: Determination of nutritive value of food protein in fish III. Nutri- (1971) tive value of casein, white fish meal and soybean meal in rainbow trout fingerlings. Bull. Freshwater Fish. Res. Lab. 21 (1), 85

NOSE, T.: Effects of amino acids supplemented to petroleum yeast on growth of rain- (1974) bow trout fingerlings III. Methionine and cystine. Bull. Freshw. Fish. Res. Lab. 24 (2), 100

OGINO, C.: Requirements of carp and rainbow trout for essential amino acids. (1980) Bull. Jap. Soc. Sci. Fisch. 46 (2), 171

OSBORNE, T.B. und MENDEL, L.B.: (zitiert nach ROSE, W.C., 1938) (1916) J. Biol. Chem. 25 (1), 1916

PFEFFER, E. und MESKE, C.: Untersuchungen über Casein und Krillmehl als einzige (1978) Proteinquelle im Alleinfutter für Karpfen. Z. Tierphys., Tierern. und Futtermittelkde. 40, 74

PFEFFER, E., PETRASCH, R. und ECKHARDT, O.: Untersuchungen über mögliche Pro- (1980) tein- und Fettträger in gereinigten Diäten für Regenbogenforellen (Salmo gairdneri R.) Z. Tierphys.,Tierern. und Futtermittelkde. 43, 254

PHILLIPS, M.A. JR., LIVINGSTON, D.L. und POSTON, H.A.: The effects of changes in (1965) protein quality, calorie sources and calorie levels upon the growth and chemical composition of brook trout. Courtl. Hatch. Rep. 34, 6

PLAKAS, S.M., KATYAMA, T. und DESHIMARU, O.: Changes in the levels of circula- (1980) ting plasma free amino acids of carp (Cyprinus carpio) after feeding a protein and an amino acid diet of similar composition. Aquaculture 21, 307

ROSE, W.C.: (1931) Feeding experiments with mixtures of highly purified amino acids. I. The inadequacy of diets containing nineteen amino acids. J. Biol. 94, 155

ROSE, W.C.: (1938) The nutritive significance of the amino acids. Physiol. Rev. 18, 109

RUMSEY, G.L. und KETOLA, H.G.: (1975) Amino acid supplementation of casein in diets of atlantic salmon (Salmo salar) fry and of soybean meal for rainbow trout (Salmo gairdneri) fingerlings. J. Fish. Res. Board Can. 32 (3), 422

SCHWALB-BÜHNING, A.: (1982) Stoffwechselphysiologische Untersuchungen an Regenbogenforellen (Salmo gairdneri Rich.) unter besonderer Berücksichtigung der Ausnutzung von Futterenergie. Diss. Fachbereich Biologie der Universität Hamburg

STEFFENS, W. und ALBRECHT, M.L.: (1982) Untersuchungen über die Möglichkeiten zur Senkung des Fischmehlanteiles im Futter für Regenbogenforellen (Salmo gairdneri) Arch. Tierern. 26, 285

STRAUSS, J.: (1982) Studien zum Lysinbedarf von Regenbogenforellen (Salmo gairdneri Richardson) mit Hilfe gereinigter Diäten. Diss. med. vet. München

TIEWS, K., KOOPS, G., GROPP, J. und TIEWS, J.: (1973) Über die Körperzusammensetzung netzkäfiggehaltener Forellen (Salmo gairdneri) in Abhängigkeit von Fütterung und Wachstum. Arch. Fisch. Wiss. 24, 261

Tabelle A 1 ZWISCHENERGEBNISSE VERSUCH I a
2 und 4 Wochenergebnisse, für α sind kumulative und Zwischenwerte angegeben.

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Arg (% v.RP)	0.0	2.0	4.0	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0
Try (% v.RP)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.2	0.4	0.6
RP (%)	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
LM (g) VB	4.2	4.3	4.2	4.4	4.4	4.1	4.1	4.4
Wdh. 1	(4.2)	(4.3)	(4.4)	(4.4)	(4.6)	(4.2)	(4.2)	(4.4)
Wdh. 2	(4.1)	(4.3)	(4.0)	(4.4)	(4.2)	(4.0)	(4.0)	(4.4)
2 Wochen:								
LM (g)	4.7	5.4	5.2	5.6	5.5	5.1	5.3	5.3
Wdh. 1	(4.8)	(5.3)	(5.4)	(5.4)	(5.2)	(5.2)	(5.4)	(5.0)
Wdh. 2	(4.6)	(5.5)	(5.0)	(5.8)	(5.7)	(5.0)	(5.2)	(5.5)
LMZ (g)	0.5	1.1	1.0	1.2	1.1	1.0	1.2	0.9
α	0.81	1.64	1.54	1.74	1.61	1.57	1.85	1.34
FVZ (g)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
g LMZ / kg Futter	446	982	909	1052	965	935	1121	789
Wdh. 1	(416)	(1032)	(933)	(989)	(953)	(971)	(1100)	(711)
Wdh. 2	(477)	(932)	(885)	(1115)	(977)	(899)	(1142)	(867)
3. - 4. Woche								
LM (g)	4.8	6.3	6.1	6.4	6.5	5.3	6.2	6.3
Wdh. 1	(5.1)	(6.5)	(6.3)	(6.3)	(6.4)	(5.3)	(6.5)	(6.2)
Wdh. 2	(4.5)	(6.1)	(5.9)	(6.5)	(6.6)	(5.3)	(5.9)	(6.4)
LMZ (g)	0.1	0.9	0.9	0.8	1.0	0.2	0.9	1.0
α 3.-4.W.	0.15	1.11	1.15	0.96	1.20	0.28	1.13	1.24
α 4 Wochen	0.43	1.38	1.33	1.36	1.44	0.87	1.50	1.31
FVZ (g)	1.2	1.4	1.4	1.5	1.4	1.3	1.4	1.4
g LMZ / kg Futter	82	643	667	548	699	150	652	725
Wdh. 1	(14)	(712)	(769)	(510)	(584)	(113)	(731)	(628)
Wdh. 2	( )	(574)	(565)	(586)	(814)	(187)	(573)	(822)

Tabelle A 2 ZWISCHENERGEBNISSE VERSUCH I a
6 und 8 Wochenergebnisse, für ∝ sind kumulative und Zwischenwerte angegeben

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Arg (% v.RP)	0.0	2.0	4.0	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0
Try (% v.RP)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.2	0.4	0.6
RP (%)	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
LM (g) VB	4.2	4.3	4.2	4.4	4.4	4.1	4.1	4.4
Wdh. 1	(4.2)	(4.3)	(4.4)	(4.4)	(4.6)	(4.2)	(4.2)	(4.4)
Wdh. 2	(4.1)	(4.3)	(4.0)	(4.4)	(4.2)	(4.0)	(4.0)	(4.4)
5. - 6. Woche								
LM (g)	4.9	7.2	6.9	7.3	7.4	5.8	6.9	7.4
Wdh. 1	(5.2)	(7.7)	(7.1)	(7.3)	(7.2)	(5.9)	(7.4)	(7.3)
Wdh. 2	(4.6)	(6.7)	(6.7)	(7.3)	(7.6)	(5.7)	(6.5)	(7.5)
LMZ (g)	0.1	0.9	0.8	0.9	0.9	0.5	0.7	1.1
∝ 5.-6.W.	0.15	0.96	0.88	0.84	0.93	0.65	0.77	1.16
∝ 6 Wochen	0.37	1.25	1.20	1.20	1.26	0.80	1.25	1.26
FVZ (g)	1.3	1.6	1.6	1.7	1.7	1.4	1.6	1.6
g LMZ / kg Futter	80	549	503	542	533	362	435	671
Wdh. 1	(62)	(594)	(663)	(456)	(347)	(435)	(517)	(615)
Wdh. 2	(98)	(504)	(343)	(628)	(719)	(289)	(353)	(727)
7. - 8. Woche								
LM (g)	5.1	8.5	8.0	8.4	8.4	6.1	7.7	8.9
Wdh. 1	(5.5)	(8.9)	(8.4)	(8.5)	(8.3)	(6.3)	(8.0)	(8.6)
Wdh. 2	(4.6)	(7.9)	(7.6)	(8.3)	(8.5)	(5.9)	(7.4)	(9.2)
LMZ (g)	0.2	1.3	1.1	1.1	1.0	0.3	0.8	1.5
∝ 7.-8.W.	0.29	1.19	1.06	1.01	0.91	0.36	0.79	1.33
∝ 8 Wochen	0.33	1.23	1.17	1.16	1.19	0.70	1.14	1.27
FVZ (g)	1.3	1.9	1.8	1.9	1.9	1.5	1.8	1.9
g LMZ / kg Futter	157	695	614	578	521	199	447	781
Wdh. 1	(287)	(899)	(719)	(617)	(566)	(224)	(538)	(733)
Wdh. 2	(27)	(491)	(599)	(539)	(476)	(174)	(356)	(829)

Tabelle A 3 ZWISCHENERGEBNISSE VERSUCH I b
2 und 4 Wochenergebnisse, für α sind kumulative und Zwischenwerte angegeben.

Code Nr.	(9)	(10)
Cys-Zusatz (% v. RP)	0.0	2.0
Met-Zusatz (% v. RP)	2.0	0.0
RP gesamt	26.0	26.0
LM (g) VB	4.2	4.1
Wdh. 1	4.1	4.1
Wdh. 2	4.3	4.1
2 Wochen:		
LM (g)	5.4	5.3
Wdh. 1	5.5	5.1
Wdh. 2	5.3	5.5
LMZ (g)	1.2	1.2
α	1.81	1.85
FVZ (g)	1.6	1.6
g LMZ/kg Futter	732	750
Wdh. 1	815	615
Wdh. 2	649	885
3.-4. Woche:		
LM (g)	7.0	7.0
Wdh. 1	7.3	6.8
Wdh. 2	6.7	7.2
LMZ (g)	1.6	1.7
α 3.-4. Woche	1.87	2.01
α 4 Wochen	1.84	1.93
FVZ (g)	2.1	2.1
g LMZ/kg Futter	758	821
Wdh. 1	842	760
Wdh. 2	674	882

Tabelle A 4 ZWISCHENERGEBNISSE VERSUCH I b
6 und 8 Wochenergebnisse, für ∝ sind kumulative und Zwischenwerte angegeben.

Code Nr.	(9)	(10)
Cys-Zusatz (% v. RP)	0.0	2.0
Met-Zusatz (% v. RP)	2.0	0.0
RP gesamt	26.0	26.0
LM (g) VB	4.2	4.1
LM (g) 4 Wochen	7.0	7.0
6 Wochen:		
LM (g)	8.9	8.7
Wdh. 1	9.5	8.6
Wdh. 2	8.3	8.8
LMZ (g)	1.9	1.7
∝ 5.-6. Woche	1.73	1.57
∝ 6 Wochen	1.80	1.81
FVZ (g)	2.7	2.7
g LMZ/ kg Futter	696	623
Wdh. 1	734	519
Wdh. 2	638	727
8 Wochen:		
LM (g)	10.7	10.8
Wdh. 1	11.3	10.4
Wdh. 2	10.0	11.2
LMZ (g)	1.8	2.1
∝ 7.-8. Woche	1.32	1.56
∝ 8 Wochen	1.68	1.74
FVZ (g)	3.5	3.4
g LMZ/kg Futter	519	619
Wdh. 1	706	536
Wdh. 2	332	702

Tabelle A 5 ZWISCHENERGEBNISSE VERSUCH II a

2 und 4 Wochenergebnisse, für α sind kumulative und Zwischenwerte angegeben

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Arg (% v.RP)	0.0	1.0	1.5	2.0	3.0	6.0	6.0	6.0	2.0	2.0
Try (% v.RP)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.6	0.8	0.6	0.6
RP (%)	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	35.0
LM (g) VB	7.8	8.1	7.9	7.8	8.2	7.8	7.7	7.9	7.8	8.1
Wdh. 1	(7.9)	(8.2)	(7.7)	(7.9)	(8.0)	(7.8)	(7.4)	(7.9)	(7.8)	(8.0)
Wdh. 2	(7.7)	(8.0)	(8.1)	(7.7)	(8.4)	(7.8)	(8.0)	(7.9)	(7.8)	(8.2)
2 Wochen:										
LM (g)	7.9	9.5	9.3	9.8	9.8	9.6	9.5	9.5	9.7	9.6
Wdh. 1	(8.3)	(9.6)	(9.0)	(9.8)	(9.5)	(9.4)	(9.1)	(9.6)	(9.8)	(9.5)
Wdh. 2	(7.6)	(9.4)	(9.5)	(9.8)	(10.1)	(9.8)	(9.9)	(9.5)	(9.6)	(9.6)
LMZ (g)	0.1	1.4	1.4	2.0	1.6	1.8	1.8	1.6	1.9	1.5
α	0.09	1.15	1.18	1.64	1.28	1.49	1.51	1.33	1.57	1.19
FVZ (g)	2.0	2.2	2.0	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2
g LMZ / kg Futter	49	653	702	970	797	901	917	796	912	691
Wdh. 1	( )	(620)	(583)	(1059)	(702)	(831)	(702)	(935)	(1042)	(699)
Wdh. 2	(218)	(685)	(821)	(880)	(893)	(970)	(1132)	(656)	(781)	(683)
3. - 4. Woche										
LM (g)	8.2	10.2	10.5	11.7	11.5	11.5	11.1	11.1	11.5	11.4
Wdh. 1	(7.7)	(10.3)	(10.0)	(12.2)	(11.1)	(11.3)	(10.7)	(11.3)	(11.7)	(11.5)
Wdh. 2	(8.7)	(10.3)	(11.0)	(11.3)	(11.8)	(11.7)	(11.6)	(11.0)	(11.3)	(11.2)
LMZ (g)	0.3	0.7	0.8	1.9	1.7	1.9	1.6	1.6	1.8	1.8
α 3.-4.W.	0.36	0.51	0.87	1.27	1.15	1.30	1.12	1.12	1.22	1.24
α 4 Wochen	0.18	0.83	1.02	1.02	1.22	1.40	1.31	1.22	1.40	1.23
FVZ (g)	1.3	2.7	1.6	2.5	2.7	2.6	2.4	2.5	2.6	2.5
g LMZ / kg Futter	230	257	517	763	637	738	651	651	707	717
Wdh. 1	(85)	(146)	(432)	(959)	(634)	(731)	(688)	(682)	(730)	(814)
Wdh. 2	(375)	(368)	(603)	(568)	(640)	(746)	(629)	(619)	(684)	(619)

Tabelle A 6 ZWISCHENERGEBNISSE VERSUCH II a
6 und 8 Wochenergebnisse, für ∝ sind kumulative und Zwischenwerte angegeben

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Arg (% v.RP)	0.0	1.0	1.5	2.0	3.0	6.0	6.0	6.0	2.0	2.0
Try (% v.RP)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.6	0.8	0.6	0.6
RP (%)	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	35.0
LM (g) VB	7.8	8.1	7.9	7.8	8.2	7.8	7.7	7.9	7.8	8.1
Wdh. 1	(7.9)	(8.2)	(7.7)	(7.9)	(8.0)	(7.8)	(7.4)	(7.9)	(7.8)	(8.0)
Wdh. 2	(7.7)	(8.0)	(8.1)	(7.7)	(8.4)	(7.8)	(8.0)	(7.9)	(7.8)	(8.2)
5. - 6. Woche										
LM (g)	8.4	11.1	11.7	13.4	13.2	13.2	13.2	12.9	13.4	12.8
Wdh. 1	(7.9)	(10.8)	(11.1)	(13.9)	(12.9)	(13.2)	(12.7)	(13.0)	(13.9)	(12.8)
Wdh. 2	(8.9)	(11.3)	(12.3)	(12.9)	(13.4)	(13.2)	(13.6)	(12.8)	(12.8)	(12.7)
LMZ (g)	0.2	0.9	1.2	1.7	1.7	1.7	2.1	1.8	1.9	1.4
∝ 5.-6.W.	0.18	0.61	0.78	0.97	0.99	0.99	1.25	1.08	1.10	0.83
∝ 6 Wochen	0.18	0.75	0.94	1.30	1.14	1.26	1.29	1.17	1.30	1.11
FVZ (g)	1.3	2.2	3.6	3.2	3.4	2.9	3.0	3.1	3.0	3.0
g LMZ / kg Futter	148	407	333	534	507	578	707	577	635	469
Wdh. 1	(120)	(340)	(412)	(532)	(502)	(655)	(732)	(592)	(730)	(433)
Wdh. 2	(177)	(474)	(255)	(537)	(514)	(503)	(682)	(563)	(540)	(504)
7. - 8. Woche										
LM (g)	8.4	11.8	12.9	15.0	14.4	14.7	14.8	14.0	15.0	13.8
Wdh. 1	(7.9)	(11.2)	(12.2)	(15.6)	(14.0)	(14.7)	(14.4)	(14.5)	(15.6)	(14.2)
Wdh. 2	(8.9)	(12.3)	(13.6)	(14.4)	(14.8)	(14.6)	(15.2)	(13.4)	(14.4)	(13.4)
LMZ (g)	0.0	0.7	1.2	1.6	1.2	1.5	1.6	1.1	1.6	1.0
∝ 7.-8.W.	—	0.44	0.70	0.81	0.62	0.77	0.82	0.59	0.81	0.54
∝ 8 Wochen	0.13	0.67	0.88	1.17	1.01	1.14	1.17	1.03	1.18	0.96
FVZ (g)	2.2	2.5	2.9	3.5	2.8	3.6	3.4	2.3	3.4	2.7
g LMZ / kg Futter	23	279	416	454	428	418	466	470	470	370
Wdh. 1	(67)	(210)	(329)	(470)	(455)	(433)	(494)	(445)	(466)	(427)
Wdh. 2	(24)	(349)	(440)	(439)	(401)	(404)	(438)	(251)	(474)	(367)

Tabelle A 7 ZWISCHENERGEBNISSE VERSUCH II b
2 und 4 Wochenergebnisse, für α sind kumulative und Zwischenwerte angegeben

Code Nr.	(11)	(12)	(13)	(14)
Cys-Zusatz (% v. RP)	0.0	4.0	0.0	2.0
Met-Zusatz (% v. RP)	4.0	0.0	0.0	0.0
RP gesamt	26.0	26.0	26.0	26.0
LM (g) VB	7.6	8.0	7.9	7.7
Wdh. 1	7.5	8.2	7.8	7.7
Wdh. 2	7.7	7.8	8.0	7.7
2 Wochen:				
LM (g)	8.6	9.7	8.7	9.5
Wdh. 1	8.4	9.9	8.6	9.7
Wdh. 2	8.8	9.5	8.8	9.3
LMZ (g)	1.0	1.7	0.8	1.8
α	0.89	1.39	0.69	1.51
FVZ (g)	2.0	2.2	1.8	1.9
g LMZ/kg Futter	504	784	440	937
Wdh. 1	448	893	372	836
Wdh. 2	560	675	508	1038
4 Wochen:				
LM (g)	10.3	11.6	10.1	11.1
Wdh. 1	9.7	11.8	9.7	11.2
Wdh. 2	10.9	11.4	10.5	11.0
α 3.-4. Woche	1.30	1.29	1.07	1.12
α 4 Wochen	1.09	1.34	0.88	1.31
FVZ (g)	2.3	2.5	2.5	2.6
g LMZ/kg Futter	752	761	559	618
Wdh. 1	678	706	359	763
Wdh. 2	826	816	759	473

Tabelle A 8 ZWISCHENERGEBNISSE VERSUCH II b
6 und 8 Wochenergebnisse, für ∝ sind kumulative und Zwischenwerte angegeben

Code Nr.	(11)	(12)	(13)	(14)
Cys-Zusatz (% v. RP)	0.0	4.0	0.0	2.0
Met-Zusatz (% v. RP)	4.0	0.0	0.0	0.0
RP gesamt	26.0	26.0	26.0	26.0
LM (g) VB	7.6	8.0	7.9	7.7
LM (g) 4 Wochen	10.3	11.6	10.1	11.1
6 Wochen:				
LM (g)	11.5	13.2	11.2	12.4
Wdh. 1	11.2	13.7	11.0	12.7
Wdh. 2	11.8	12.7	11.4	12.1
LMZ (g)	1.2	1.6	1.1	1.3
∝ 5.-6. Woche	0.79	0.93	0.74	0.79
∝ 6 Wochen	0.99	1.20	0.83	1.14
FVZ (g)	2.7	2.9	2.6	2.8
g LMZ/kg Futter	448	557	430	459
Wdh. 1	392	468	406	493
Wdh. 2	504	646	454	425
8 Wochen:				
LM (g)	12.9	14.8	12.0	13.2
Wdh. 1	12.3	15.7	12.0	13.8
Wdh. 2	13.5	13.9	12.0	12.6
LMZ (g)	1.4	1.6	0.8	0.8
∝ 7.-8. Woche	0.82	0.82	0.49	0.45
∝ 8 Wochen	0.95	1.10	0.49	0.97
FVZ (g)	3.8	3.5	2.8	3.2
g LMZ/kg Futter	368	454	287	250
Wdh. 1	327	612	246	286
Wdh. 2	409	296	287	250

Tabelle A 9 AMINOSÄUREWERTE MUSKEL VERSUCH I

(Angaben in mg/100 g TS)

Ration	(1)	(5)	(6)	(8)a	(8)b	(9)a	(9)b	(10)
Taurin	40.53	38.03	39.45	34.73	25.53	24.01	24.68	27.49
Asparaginsre	0.94	2.21	0.69	1.67	1.69	1.83	2.78	2.09
Threonin	0.88	1.41	0.71	1.03	1.00	3.56	3.74	2.85
Serin	2.95	6.99	3.83	6.31	6.23	4.93	5.29	5.50
Glu Sre	4.64	19.44	8.24	16.52	15.07	9.43	10.67	9.08
Glycin	45.72	54.01	48.34	47.11	44.48	29.06	27.92	39.96
Alanin	28.71	44.78	29.79	38.53	34.69	24.31	26.21	23.85
Valin	0.99	3.58	1.00	1.95	2.11	2.32	3.71	1.86
Methionin	0.41	1.72	0.49	1.89	1.81	2.32	2.72	0.91
Isoleucin	0.34	1.53	0.39	1.13	1.12	0.91	1.19	0.76
Leucin	0.79	3.44	1.06	2.61	2.65	1.97	2.56	1.65
Tyrosin		2.75		2.15	2.26	2.27		3.14
Phenylalanin		2.30		2.43	2.51	3.06		3.63
NH_3	1.81	2.61	2.00	1.51	2.42	3.14	3.41	2.41
Ornithin		0.03		0.02	0.02	0.01	0.02	0.09
Lysin	1.94	5.97	2.69	4.96	4.48	3.67	4.15	2.52
Histidin	7.82	16.47	9.66	19.00	16.11	43.99	49.11	43.52
Arginin	0.72	2.55	0.54	1.70	1.73	0.99	1.44	0.65

Tabelle A 10 AMINOSÄUREWERTE MUSKEL, VERSUCH II

(Angaben in mg/1oo g TS)

Ration	1a	1b	4a	4b	7a	7b
Taurin	50.64	49.97	24.84	29.75	37.37	30.54
Threonin	3.64	3.52	6.95	8.51	5.35	5.43
Serin	4.38	4.18	7.18	8.23	5.90	6.50
Glu Sre	5.95	5.74	8.02	9.70	5.90	6.00
Glutamin	0.28	0.35	-	-	-	-
Glycin	31.58	30.99	33.62	38.67	28.09	27.98
Alanin	14.51	14.51	24.20	29.06	13.35	13.29
Valin	2.16	2.10	2.78	3.37	2.74	2.70
Methionin	1.16	1.08	2.00	2.49	2.36	2.30
Isoleucin	1.14	1.08	0.77	1.18	1.32	1.25
Leucin	2.54	1.97	3.01	3.71	2.87	2.78
Tyrosin	0.70	0.70	2.49	3.11	1.53	1.53
Phenylal.	1.20	1.12	4.96	4.89	2.33	2.33
NH_3	2.34	2.03	2.01	2.05	1.75	1.81
Lysin	3.19	3.12	1.96	2.30	3.19	3.22
1-Methylhis.	2.05	2.13	4.13	4.94	14.27	14.49
Histidin	5.35	4.96	18.14	2.75	11.15	11.34
Arginin	0.42	-	n.b.	n.b.	1.96	1.96

Tabelle A 11 AMINOSÄUREWERTE MUSKEL, VERSUCH II

(Angaben in mg/100 g TS)

Ration	9a	9b	12a	12b	13a	13b
Taurin	27.72	29.53	45.37	58.75	28.38	26.36
Threonin	6.39	6.18	3.00	3.56	3.70	3.50
Serin	7.39	7.05	4.95	5.74	6.41	6.45
Glu Sre	7.85	7.52	5.11	6.14	7.32	7.23
Glycin	34.63	33.93	28.45	30.90	26.49	25.64
Alanin	23.92	23.80	12.75	15.67	13.33	12.72
Valin	2.57	2.62	2.02	2.68	2.67	2.56
Methionin	2.00	1.87	1.05	1.25	1.22	1.22
Isoleucin	1.06	1.06	0.92	1.22	1.16	1.11
Leucin	2.82	2.76	2.20	2.69	2.48	2.36
Tyrosin	3.32	3.08	1.69	1.86	1.26	1.28
Phenylal.	3.92	4.14	2.08	2.16	1.73	1.73
NH_3	1.89	1.83	1.67	2.82	2.60	2.23
Lysin	1.96	1.89	3.62	4.57	3.92	3.79
1-Methylhis.	6.06	5.83	3.79	4.66	14.33	13.48
Histidin	20.69	19.86	21.09	28.67	14.55	15.02
Arginin	0.31	0.31	0.73	1.14	1.15	1.11

Tabelle A 12

AMINOSÄUREWERTE PLASMA VERSUCH II

(Angaben in mg/ml Plasma)

Ration	4a	4b	7a	7b	9a	9b	12a	12b	13a	13b
Taurin	15.96	14.86	21.06	8.13	26.96	11.95	12.67	18.02	vd.	15.03
Threonin	3.19	2.41	3.29	2.41	3.23	3.78	1.04	2.45	1.62	1.37
Serin	2.38	1.46	2.50	1.41	2.14	2.13	0.97	2.09	1.89	1.03
Glu Sre	vd.	38.86	33.98	6.73	19.61	20.09	1.53	3.44	3.51	2.36
Glutamin	-	0.77	1.07	0.68	1.17	1.18	0.53	0.09	1.29	0.94
Glycin	7.66	5.70	6.86	6.03	6.99	7.01	5.42	3.27	3.12	2.53
Alanin	10.59	8.18	10.74	7.13	12.05	11.88	3.25	5.32	3.94	5.84
Valin	6.90	4.89	3.83	5.02	4.80	7.73	3.11	4.15	2.70	2.99
Methionin	4.03	3.37	3.35	3.62	3.16	4.10	0.61	0.65	0.66	0.56
Isoleucin	1.95	3.06	2.59	1.69	1.70	3.35	1.35	1.83	1.27	1.39
Leucin	5.36	3.64	3.30	5.60	6.05	7.93	3.24	4.79	2.56	2.60
Tyrosin	5.41	4.95	1.53	0.89	2.53	6.63	1.72	1.37	1.10	0.69
Phenylal.	11.05	9.13	2.31	2.o2	3.80	12.66	2.56	2.30	1.61	1.35
Lysin	1.86	0.82	2.89	1.69	2.93	2.17	3.91	5.79	3.31	3.11
Histidin	2.78	1.76	1.96	1.36	2.10	2.29	1.62	2.39	1.37	1.20
Arginin	0.96	0.33	1.37	1.16	1.20	1.02	1.14	1.82	1.09	1.16

DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. J. Gropp für die Überlassung des Themas und die jederzeit gewährte freundliche Unterstützung.

Ferner möchte ich mich bei Prof. Dr. Hoffmann für die von ihm durchgeführten histologischen Untersuchungen bedanken.

Des weiteren danke ich Prof. Dr. H. K. Frank und Dr. J. M. Möller für die von ihnen ausgeführten Mykotoxinbestimmungen.

Bei Frau Dr. B. Holstein bedanke ich mich für die umfangreichen Aminosäureanalysen.

Allen Mitarbeitern der Abteilung Oberwiesenfeld möchte ich für ihre Hilfsbereitschaft bei der Versuchsdurchführung herzlich danken.

LEBENSLAUF

Name	Barbara Frank
25. 12. 1958	geboren als Tochter des Prof. Dr. Hanns K. Frank und der Wilhelmine Frank, geb. Müller in Karlsruhe
1965-1968	Volksschule in Karlsruhe-Durlach
1968-1970	Markgrafen-Gymnasium Karlsruhe-Durlach
1970-1977	Eichendorff-Gymnasium Ettlingen
Mai 1977	Abitur
Nov. 1977	Beginn des Studiums der Tiermedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München
Jan. 1983	Staatsexamen